
Tablero de comunicación configurable basado en pictogramas



Carmen López Gonzalo

Directoras
Virginia Francisco Gilmartín
Raquel Hervás Ballesteros

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería Informática
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid

Curso 2018/2019

Documento maquetado con T_EX!S v.1.0.

Este documento está preparado para ser imprimido a doble cara.

Tablero de comunicación configurable basado en pictogramas

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería Informática
Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia
Artificial

Versión 1.0

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería Informática
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid

Curso 2018/2019

Agradecimientos

En primer lugar agradecer a todos y cada uno mis profesores, cada uno ha dejado huella en mi aportando su granito de arena en este camino, ayudándome a crecer profesional y personalmente. En especial a mis directoras, Raquel y Virginia, que han pasado a formar parte de mi vida durante este último año, dedicándome su tiempo y esfuerzo en este proyecto, que no habría sido posible sin sus directrices.

También quiero hacer una mención especial a la Asociación Autismo Sevilla y al colegio Angel Riviere, por ayudarnos a entender un poquito mas las necesidades de los usuarios dándonos consejos e ideas en el desarrollo del trabajo, colaborando además en la realización de la evaluación de la aplicación. Gracias de todo corazón.

Para acabar quiero agradecer a mi familia y amigos la paciencia que han tenido y los ánimos que me han brindado en este ultimo año, haciéndome sacar fuerzas en los momentos mas difíciles para seguir adelante.

Resumen

Las personas con discapacidad cognitiva suelen presentar diversas dificultades en el uso del lenguaje natural, desde problemas de comprensión del lenguaje oral o escrito hasta dificultades para expresarse con su entorno y necesitan buscar apoyos que les ayuden a obtener una comunicación efectiva. Uno de los apoyos mas utilizado son los pictogramas (símbolos gráficos que sirven para representar objetos, acciones,...). En la comunicación con pictogramas es habitual el uso de los llamados tableros de comunicación (superficie sobre la que se disponen los pictogramas para comunicarse). Aunque existen multitud de herramientas destinadas a la creación de tableros de comunicación, los usuarios finales suelen tener dificultades para encontrar una que se adapte a sus necesidades encontrándose con bastantes limitaciones a la hora de generar los tableros. Un problema muy común en las soluciones existentes radica en que hay que crear siempre los tableros desde cero o usando plantillas muy generales e iguales para todos (agenda, calendario, normas, ...).

El objetivo de este trabajo ha sido desarrollar una herramienta que permite a padres, tutores y profesores de personas con discapacidad cognitiva generar plantillas personales que luego podrán ser reutilizadas en la creación de tableros y así agilizar su creación. Esta herramienta se ha diseñado como una aplicación web para que sea accesible desde cualquier dispositivo y así llegar al mayor numero de usuarios posible. La aplicación está desarrollada de tal manera que los usuarios pueden generar los tableros sin ningún tipo de restricción, permitiendo cambiar la posición y el tamaño de los elementos que forman los mismos.

Una vez desarrollada la aplicación, ha sido sometida a una evaluación con usuarios finales que nos ha permitido saber que la aplicación es de utilidad y se puede adaptar a las necesidades de los usuarios, aunque es mejorable en algunos aspectos.

Palabras clave

Tablero de comunicación, Pictogramas, Discapacidad cognitiva, Aplicación Web, Accesibilidad, Plantillas.

Abstract

People with cognitive disabilities usually present various difficulties in the use of natural language, from problems of comprehension of oral or written language to difficulties to express themselves with their environment and need to seek support to help them obtain effective communication. One of the most used supports are the pictograms (graphic symbols used to represent objects, actions, ...). In communication with pictograms it is usual to use so-called communication boards (surface on which the pictograms are arranged to communicate). Although there are many tools for the creation of communication boards, end users often have difficulties in finding one that suits their needs, with many limitations when generating boards. A very common problem in existing solutions is that you have to create boards from scratch or using very general and equal templates for everyone (agenda, calendar, rules, ...).

The objective of this work has been to develop a tool that allows parents, tutors and teachers of people with cognitive disabilities to generate personal templates that can then be reused in the creation of boards to speed up their creation. This tool has been designed as a web application so that it can be accessed from any device to reach as many users as possible. The application is developed in such a way that the users can generate the boards without any type of restriction, allowing to change the position and the size of the elements that form them.

Once the application has been developed, it has been subjected to an evaluation with end users that has allowed us to know that the application is useful and can be adapted to the needs of the users, although it can be improved in some aspects.

Keywords

Communication Board, Pictograms, Cognitive Disability, Web Application, Accessibility, Templates.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Estructura del trabajo	3
2. Introduction	5
2.1. Motivation	5
2.2. Goals	7
2.3. Project's Structure	7
3. Estado del arte	9
3.1. Pictogramas	9
3.1.1. Sistemas pictograficos	11
3.1.2. Comunicación mediante Pictogramas	16
3.2. Editores de Tableros basados en Pictogramas	17
3.2.1. Pictoselector	18
3.2.2. Editores propios de ARASAAC	20
3.2.3. Piktoplus	23
3.2.4. BoardMaker	23
3.2.5. Pictar	24
3.2.6. Conclusiones	25
4. Tecnologías	27
4.1. Introducción	27
4.2. Interact.js	28
4.3. API de ARASAAC	29
4.4. Html2canvas	29
4.5. Firebase	30
5. PicTableros	33
5.1. Captura de requisitos	33
5.2. Diseño de la interfaz	35

5.2.1. Prototipo tecnológico	36
5.2.2. Prototipo de papel interactivo	37
5.2.3. Validación de prototipos	40
5.3. Implementación	44
5.3.1. Listados	46
5.3.2. Editor de plantillas	50
5.3.3. Editor de tableros	54
5.4. Evaluación	56
5.4.1. Diseño de la evaluación	57
5.4.2. Resultados de la evaluación	59
5.4.3. Análisis de la evaluación	61
6. Conclusiones y trabajo futuro	63
6.1. Conclusiones	63
6.2. Trabajo futuro	64
7. Conclusions and Future work	67
7.1. Conclusions	67
7.2. Future Work	68
Bibliografía	71

Índice de figuras

1.1. Tablero que sirve para indicar las normas del aula.	2
2.1. Board that serves to indicate the rules of the classroom. . . .	6
3.1. Pictograma que representa un cepillo de dientes.	11
3.2. Pictograma que representa la acción de lavarse los dientes. . .	11
3.3. Pictograma que representa un avión.	11
3.4. Sistema Pictográfico de Comunicación (SPC).	13
3.5. Sistema de símbolos Bliss.	13
3.6. Ejemplo de pictogramas Sclera.	14
3.7. Ejemplo de pictogramas Mulberry.	14
3.8. Pictogramas asociados a la palabra “hola”.	15
3.9. Representación de “niña”, su plural “niñas” y su representación para genero masculino “niño” y “niños”.	16
3.10. Representación de las preposiciones “con”, “a” y “ante”.	16
3.11. Ejemplo de tablero para agenda personal.	17
3.12. Ejemplo de tablero con la secuencia de pasos para lavarse los dientes.	17
3.13. Ejemplo de tablero de normas para el supermercado.	18
3.14. Vista de las opciones de selección de pictogramas en Pictose- lector.	19
3.15. Vista de las opciones de selección de pictogramas en Pictose- lector.	19
3.16. Pantalla principal de Pictoselector.	20
3.17. Tablero generado por el generador de tableros de ARASAAC. . .	21
3.18. Calendario del mes de mayo generado por ARASAAC.	21
3.19. Horario generado por ARASAAC.	22
3.20. Configuración de las Celdas ARASAAC	22
3.21. Generador de material con Piktoplus.	23
3.22. Pantalla inicial de BoardMaker Online.	24
3.23. Pantalla principal de Pictar.	25

4.1. Esquema de funcionamiento de Firebase Realtime Database . . .	31
5.1. A la izquierda la plantilla de elegir y a la derecha el tablero creado a partir de la plantilla para elegir entre tres juguetes. . .	34
5.2. Plantillas enviadas por la Asociación Autismo Sevilla durante la fase de captura de requisitos.	36
5.3. Prototipo en papel de la lista de plantillas privadas.	37
5.4. Prototipo en papel de la vista del editor de plantillas.	39
5.5. Prototipo en papel del editor de plantillas con menú de ajustes de los pictogramas.	40
5.6. Prototipo en papel de la vista del editor de tableros.	41
5.7. Plantilla que representa que ocurre y la solución.	42
5.8. Vista del editor de plantillas.	44
5.9. Vista del listado de las plantillas privadas.	47
5.10. Vista del listado de las plantillas públicas.	48
5.11. Vista del listado de los tableros privados.	48
5.12. Vista del listado de los tableros públicos.	49
5.13. Ejemplo de la vista en la que solo se muestra el tablero, en este caso un tablero creado para elegir juguetes.	50
5.14. Ejemplo de un objeto tipo plantilla.	51
5.15. Vista del editor de plantillas.	52
5.16. Vista del editor de plantillas con los resultados de la búsqueda de “agua” desplegados.	52
5.17. Vista del editor de plantillas con el menú de ajustes de picto- gramas.	53
5.18. Vista del editor de plantillas con el menú de ajustes de áreas. . .	54
5.19. Vista del editor de plantillas con el menú de ajustes de los cuadros de texto.	54
5.20. Vista del editor de plantillas con el menú de ajustes de figuras. . .	55
5.21. Vista del editor de tableros.	55
5.22. Vista del editor de tableros con el menú de ajustes de picto- gramas.	56
5.23. Vista del editor de tableros con el menú de ajustes de cuadros de texto.	56
5.24. Vista del editor de tableros con el menú de ajustes de las figuras geométricas.	57
5.25. Vista del editor de tableros con el menú de ajustes de las figuras geométricas.	58

Índice de Tablas

5.1. Lista de cambios propuestos junto con su dificultad, su importancia, su prioridad y si se ha implementado o no finalmente	45
5.2. Resultados de la primera fase de la evaluación.	59
5.3. Resultados de la segunda fase de la evaluación.	60
5.4. Resultados del cuestionario de la cuarta fase de la evaluación.	61

Capítulo 1

Introducción

RESUMEN: En este capítulo se explica la motivación que hay detrás de este TFG (Sección 1.1), los objetivos que nos marcamos al comienzo del proyecto (Sección 1.2) y por último, la estructura de esta memoria (Sección 1.3).

1.1. Motivación

Algunas personas con discapacidad cognitiva generalmente presentan dificultades a la hora de comunicarse mediante el lenguaje natural, y necesitan buscar alternativas que les ayuden a comunicarse de forma efectiva. Para ayudarles en la comunicación en algunos casos se utilizan los pictogramas, que son símbolos gráficos que representan ideas, objetos, acciones, etc.

Para permitir la comunicación mediante pictogramas se suelen utilizar tableros de comunicación, que permiten representar mensajes mediante pictogramas en una superficie como en la Figura 1.1 que muestra un tablero en el que se indican las normas del aula. Para facilitar la comprensión de los tableros se suelen emplear plantillas. Así, al ver la plantilla, los usuarios entienden el tipo mensaje más rápido y se facilita la comprensión. Algunos de los formatos habituales son los tableros de normas, las agendas, los calendarios, ...

Actualmente, a pesar del avance de las tecnologías, en muchos centros aún se crean los tableros de forma manual con papel, cartulina, recortables, pegatinas, etc. Incluso para situaciones en las que se necesita un tablero con urgencia (en una excursión para explicar un cambio de planes, en el



Figura 1.1: Tablero que sirve para indicar las normas del aula.

supermercado cuando al niño le da una rabieta, en el coche para indicar que vamos a tardar más de lo habitual, ...) se ven en la necesidad de hacerlo con papel y bolígrafos de colores ya que no tienen ninguna herramienta que les permita crear los tableros de forma rápida y desde cualquier lugar. Al tener que realizar esta tarea manualmente, cada vez que se crea un tablero tienen que crearlo de cero. Una manera de poder agilizar esta tarea es el uso de plantillas que permiten tener una estructura fija ya creada en la que solo hay que añadir los pictogramas específicos de cada caso para crear el tablero (por ejemplo, si tenemos una plantilla para elecciones, solo habría que modificar los pictogramas para las distintas opciones de elección). Además estas plantillas permiten que los tableros tengan siempre un mismo formato y que la comprensión del mensaje sea más rápida y efectiva.

A pesar de la multitud de herramientas existentes destinadas a facilitar la comunicación de los usuarios que utilizan tableros de comunicación, es difícil encontrar alguna que se ajuste a los formatos que el usuario entiende y a sus necesidades, lo que provoca que sea el usuario el que se tenga que adaptar a las herramientas y no al revés.

Por todas las razones anteriormente mencionadas, surge la necesidad de desarrollar una aplicación que permita a los usuarios generar plantillas y tableros personalizados, sin tener que empezar de cero siempre o tener que adaptarse a plantillas “universales” que no se corresponden con las que usan habitualmente. Debe ser una aplicación a la que los usuarios puedan acceder desde cualquier dispositivo y en cualquier momento. De este modo podrán integrarla en su día a día y así mejorar la comunicación de los usuarios que necesitan los tableros de comunicación con pictogramas para comunicarse de forma efectiva.

1.2. Objetivos

Uno de los objetivos principales de este trabajo es desarrollar una aplicación que permita a los usuarios generar plantillas y tableros de comunicación personalizados basados en pictogramas, permitiendo además que se puedan reutilizar fácilmente y agilizando la creación de tableros a partir de una plantilla.

Para que la aplicación tenga el mayor alcance posible y se adapte a las necesidades de los usuarios se va a realizar un diseño centrado en el usuario. Para ello se mantendrán reuniones y se realizarán evaluaciones con los usuarios finales, con el fin de saber las necesidades que tienen y conocer su opinión acerca de la aplicación y su usabilidad.

También nos marcamos como objetivo en este trabajo aplicar los conocimientos adquiridos durante el grado en un proyecto con un sentido social y que además sea de utilidad más allá de ser un proyecto académico. Por último, también nos marcamos como objetivo adquirir nuevos conocimientos que nos ayuden a ampliar los ya adquiridos durante el grado.

1.3. Estructura del trabajo

Esta memoria consta de un total de siete capítulos incluyendo este capítulo introductorio. A continuación se expone un breve resumen de cada uno de ellos:

- En el **capítulo tres** se realiza una introducción a los pictogramas y sus distintos usos. También se realiza un análisis de los distintos sistemas de pictogramas y de las aplicaciones que existen para generar contenido basado en pictogramas.

- En el **capítulo cuatro** se describirán las herramientas utilizadas en el proyecto. Se introducirán *Interact.js*, *html2canvas* y *Realtime Database* de *Firebase*.
- En el **capítulo cinco** se explicará detalladamente el desarrollo del proyecto, la fase de análisis de requisitos, el diseño de la interfaz, la implementación del proyecto, y las evaluaciones de los usuarios con sus resultados.
- En el **capítulo seis** y **capítulo siete**, en español y en inglés, se presentan las conclusiones del proyecto y el trabajo futuro.

Capítulo 2

Introduction

RESUMEN: This chapter explains the motivation behind this TFG (Section 2.1), the objectives that we set at the beginning of the project (Section 2.2) and finally , the structure of this memory (Section 2.3).

2.1. Motivation

Some people with cognitive disabilities usually have difficulties when communicating through natural language, and they need to look for alternatives that help them communicate effectively. To help them in communication in some cases pictograms are used, which are graphic symbols representing ideas, objects, actions, etc.

To allow communication through pictograms, communication boards are usually used, which allow to represent messages by means of pictograms on a surface as in Figure 2.1 that shows a board in which the norms of the classroom are indicated. To facilitate the understanding of the boards, templates are usually used. Thus, when viewing the template, users understand the message type faster and understanding is facilitated. Some of the usual formats are the rules boards, the agendas, the calendars, ...

Currently, despite the advance of the technologies, in many centers the boards are still created manually with paper, cardboard, cut-outs, stickers, etc. Even for situations in which a board is urgently needed (on a field trip to explain a change of plans, in the supermarket when the child gives a tantrum, in the car to indicate that we are going to take longer than usual, ...) they have to do it with paper and colored pens, since they do not have



Figura 2.1: Board that serves to indicate the rules of the classroom.

any tool that allows them to create boards quickly and from any place. When having to perform this task manually, each time a board is created they have to create it from scratch. One way to speed up this task is the use of templates that allow having a fixed structure already created in which you only have to add the specific pictograms of each case to create the board (for example, if we have a template for elections, there would only be to modify the pictograms for the different options of choice). In addition, these templates allow the boards to always have the same format and to make the message faster and more effective.

Despite the multitude of existing tools designed to facilitate the communication of users who use communication boards, it is difficult to find any that fits the formats that the user understands and their needs, which causes the user to have to adapt to the tools and not vice versa.

For all the reasons mentioned above, there is a need to develop an application that allows users to generate customized templates and boards, without always having to start from scratch or having to adapt to “univer-

sal” templates that do not correspond to those that use usually. It must be an application that users can access from any device at any time. In this way they will be able to integrate it in their daily life and thus improve the communication of the users who need the communication boards with pictograms to communicate effectively.

2.2. Goals

One of the main goals of this work is to develop an application that allows users to generate templates and personalized communication boards based on pictograms, allowing also to be easily reused and speeding up the creation of boards from a template.

In order for the application to have the widest possible range and to adapt to the needs of the users, a user-centered design will be carried out. For this, meetings will be held and evaluations will be carried out with the end users, in order to know the needs they have and to know their opinion about the application and its usability.

We also set ourselves the goal in this work to apply the knowledge acquired during the degree in a project with a social sense and that is also useful beyond being an academic project. Finally, we also set ourselves the goal of acquiring new knowledge that will help us to extend the ones already acquired during the degree.

2.3. Project’s Structure

This report consists of a total of seven chapters, including this introductory chapter. Below is a brief summary of each of them:

- In the **chapter three** an introduction to the pictograms and their different uses. There is also an analysis of the different pictogram systems and the applications that exist to generate content based on pictograms.
- In the **chapter four** the tools used in the project will be described. Enter *Interact.js*, *html2canvas* and *Realtime Database* from *Firebase*.
- In the **chapter five** will be explained in detail the development of the project, the phase of analysis of requirements, the design of the

interface, the implementation of the project, and the evaluations of the users with their results.

- In the **chapter six** and **chapter seven**, in Spanish and English, the conclusions of the project and future work are presented.

Capítulo 3

Estado del arte

RESUMEN: En este capítulo se da una visión general de lo que son los pictogramas en la Sección 3.1, de los sistemas pictográficos más utilizados y de cómo se realiza la comunicación mediante pictogramas. En la Sección 3.2 se analizarán las herramientas tecnológicas existentes para la creación de tableros.

3.1. Pictogramas

Las personas con discapacidad cognitiva tienen dificultades en el desarrollo y el uso del lenguaje natural, y necesitan una alternativa al mismo. Por esta razón surgen los Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación (SAAC). Los Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación (SAAC), son sistemas que permiten al usuario tener una alternativa al lenguaje natural, suficiente para permitir la comunicación. Son aumentativos ya que sirven para complementar o aumentar el lenguaje oral y son alternativos porque lo compensan o lo sustituyen cuando por sí solo el lenguaje natural no es suficiente o se carece de él¹. Estos sistemas sirven también como complemento al habla natural, y ayudan a recuperarla cuando se encuentran dificultades en el uso de la misma. En estos casos, se pueden considerar un método de rehabilitación. Los SAACs pueden ser de dos tipos (Gil, 2015):

- **Sin ayuda:** no necesitan ningún elemento externo para transmitir el mensaje. Por ejemplo los gestos del lenguaje de signos.

¹<http://www.logopeda-madrid.es/tratamientos-logopedia/otros-sistemas-de-comunicacion.php>

- **Con ayuda:** cuando para transmitir un mensaje se utilizan recursos externos como imágenes, símbolos o pictogramas.

Los SAACs deberían adaptarse a las necesidades de cada usuario dependiendo del estado de sus habilidades, lingüísticas, gestuales, cognitivas, etc.

Dentro de los SAACs con ayuda se encuentran los pictogramas. Los pictogramas son signos claros y esquemáticos, que representan ideas, objetos, acciones, etc. Se utilizan a diario para ofrecernos información² de manera rápida. Por ejemplo nos encontramos pictogramas a diario en señales de tráfico, en los distintivos en los cuartos de baño, etc. Los pictogramas son de gran ayuda ya que se adaptan fácilmente al nivel cognitivo de cada usuario, y permiten aumentar progresivamente el nivel de comunicación del usuario hasta el uso del lenguaje verbal.

Los pictogramas permiten transmitir mensajes a los usuarios con algún tipo de discapacidad cognitiva sin necesidad de utilizar el lenguaje oral o escrito, facilitando la comprensión de dichos mensajes a las personas que tienen dificultades en el uso del mismo. Una de las grandes ventajas del uso de pictogramas en la comunicación es que permanecen en el tiempo, otorgando al usuario la oportunidad de comprender el mensaje a su ritmo.

Los sistemas de pictogramas han de tener una serie de características para poder considerarlos como tal³:

- Tienen una relación directa con la idea que representan, como en la Figura 3.1 en la que aparece un pictograma que representa un cepillo de dientes. Además, se pueden combinar distintos elementos para representar una idea más compleja, como en el pictograma de la Figura 3.2 en el que aparece el pictograma del cepillo de dientes, para la acción de “Lavarse los dientes”.
- Deben ser comprensibles por el mayor número de personas posible, independientemente de su formación, idioma o capacidad.
- Deben representar los elementos más importantes, evitando distracciones, como en la Figura 3.3 que representa un avión sin fondo ni elementos distractores.

²http://www.ponceleon.org/logopedia/index.php?option=com_content&view=article&id=110

³<https://smileandlearn.com/que-es-un-pictograma/>



Figura 3.1: Pictograma que representa un cepillo de dientes.



Figura 3.2: Pictograma que representa la acción de lavarse los dientes.



Figura 3.3: Pictograma que representa un avión.

3.1.1. Sistemas pictográficos

Existen numerosos sistemas pictográficos, algunos de los cuales se exponen en detalle en las siguientes subsecciones (García, 2014).

3.1.1.1. Sistema Pictográfico de Comunicación (SPC)

Este sistema ofrece mas de 3.000 iconos divididos en seis categorías diferentes. Como se puede ver en la Figura 3.4, cada categoría representa los elementos con distintos colores:

- **Personas** (amarillo): nombres o sustantivos referidos a personas, como madre, abuela o padre. También se incluyen los pronombres personales como yo, a mí, ...
- **Verbos** (verde): acciones expresadas como verbo. Por ejemplo, comer, dormir, andar, ...
- **Descriptivos** (azul): adjetivos como contento, triste, enfadado, ... y algunos adverbios como bien, mal, ...
- **Nombres** (naranja): nombres que no se han incluido en otras categorías, como por ejemplo los correspondientes a objetos, como casa, pelota, ...
- **Miscelánea** (blanco): artículos, conjunciones, preposiciones, y más palabras abstractas, por ejemplo los meses, números, ...
- **Social** (morado): palabras que se utilizan de manera habitual en las interacciones sociales, como hola, gracias, buenos días, ...

3.1.1.2. Bliss

Los pictogramas Bliss⁴ son simples y esquemáticos, basados en formas geométricas y segmentos de las mismas (Fernández et al., 2017). Bliss proporciona entre 150 y 400 símbolos distintos, aunque permite crear nuevos símbolos combinándolos. Los pictogramas en Bliss se agrupan en categorías que se identifican mediante colores como se puede ver en la Figura 3.5: nombres (naranja), personas (amarillo), verbos (verde), adjetivos (azul), sociales (rosa). Como se puede observar los pictogramas en Bliss no representan directamente la idea a la que hacen referencia, por eso es necesario un estudio previo o acompañarlos con texto para hacerlos comprensibles a todo el mundo.

El significado de los pictogramas Bliss esta definido por una serie de características, que hacen que varie el significado del pictograma si las características cambian, como por ejemplo, la posición y el tamaño de los elementos, los números que acompañan al símbolo, etc.

⁴<https://www.blissonline.se/>



Figura 3.4: Sistema Pictográfico de Comunicación (SPC).

hola	nosotros	somos	un	grupo	de
					
Gijón España.	Pronto	nosotros	hablaremos	blis	con
					
todos	vosotros	comunicad	vuestras	ideas	
					

Figura 3.5: Sistema de símbolos Bliss.

3.1.1.3. Sclera

Los pictogramas de Sclera⁵ son simples en cuanto a colores, pero expresan ideas más complejas. Sclera proporciona mas de 11.000 pictogramas en

⁵<https://www.sclera.be/>

español y además da soporte a inglés, alemán, francés, polaco y holandés.

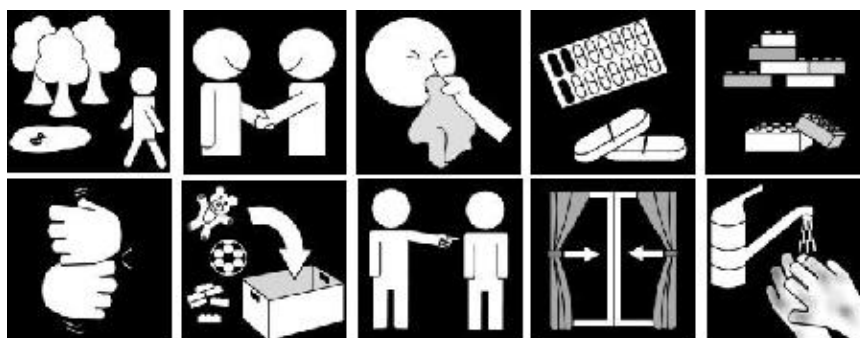


Figura 3.6: Ejemplo de pictogramas Sclera.

En la Figura 3.6 se puede ver un ejemplo de algunos de los pictogramas de Sclera. En este caso el fondo no se utiliza para establecer un significado concreto y las ideas se representan habitualmente con dibujos en blanco.

3.1.1.4. Mulberry

Mulberry⁶ ofrece más de 3.000 pictogramas en un formato .svg que facilita su uso en el software SAAC. Están diseñados y revisados por personas acostumbradas a utilizarlos, y aportan símbolos inusuales en otros sistemas, como ebay, reflexología, etc. Como se puede ver en la Figura 3.7 los pictogramas son sencillos con fondo blanco y con imágenes a color representando ideas muy específicas.



Figura 3.7: Ejemplo de pictogramas Mulberry.

Los pictogramas Mulberry, por su nivel de detalle, están orientados principalmente a adultos o personas muy familiarizadas con el uso de pictogramas.

⁶<https://mulberrysymbols.org/>

3.1.1.5. ARASAAC

El objetivo principal del Portal Aragonés de Comunicación Aumentativa y Alternativa (ARASAAC)⁷ es la creación de un sistema pictográfico y un conjunto de herramientas libres y accesibles para todas las personas que lo puedan necesitar. El portal ofrece cinco catálogos de recursos: pictogramas a color, pictogramas en blanco y negro, fotografías, vídeos en Lengua Española de Signos (LSE) y fotografías en LSE. El recurso más conocido y utilizado son los pictogramas, ya que el portal cuenta con más de 15.000 pictogramas a color y mas de 14.000 en blanco y negro (Bertola, 2017).

Para una misma palabra ARASAAC ofrece varios pictogramas. Por ejemplo, tal y como se puede ver en la Figura 3.8, ARASAAC ofrece tres pictogramas distintos para la palabra “hola”: uno en blanco y negro, otro en color y otro mas esquemático. Así en cada caso se pueden utilizar aquellos que el usuario comprenda mejor.



Figura 3.8: Pictogramas asociados a la palabra “hola”.

Además el catálogo de ARASAAC distingue por género y número ofreciendo para una misma palabra distintas representaciones. Por ejemplo, en la Figura 3.9 se puede ver el pictograma “niña” y su plural “niñas” que tiene una representación totalmente distinta con un grupo de niñas, acompañado de la representación equivalente en genero masculino, los pictogramas de “niño” y “niños”.

Otra de las razones por las que ARASAAC ofrece un catálogo tan amplio es que también tiene representaciones de términos más abstractos como conjunciones o preposiciones. Como se puede ver en la Figura 3.10 estas están representadas mediante figuras geométricas relacionadas de distintas maneras.

Ademas, ARASAAC ofrece las traducciones de los pictogramas en distintos idiomas como catalán, inglés, francés, rumano y portugués.

⁷<http://www.arasaac.org/index.php>

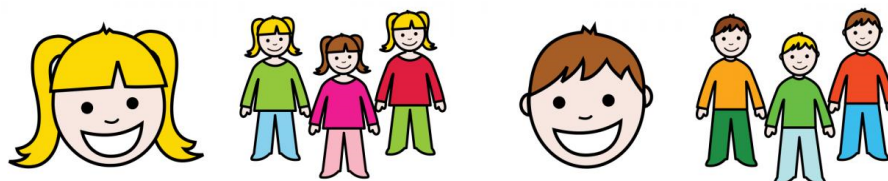


Figura 3.9: Representación de “niña”, su plural “niñas” y su representación para genero masculino “niño” y “niños”.

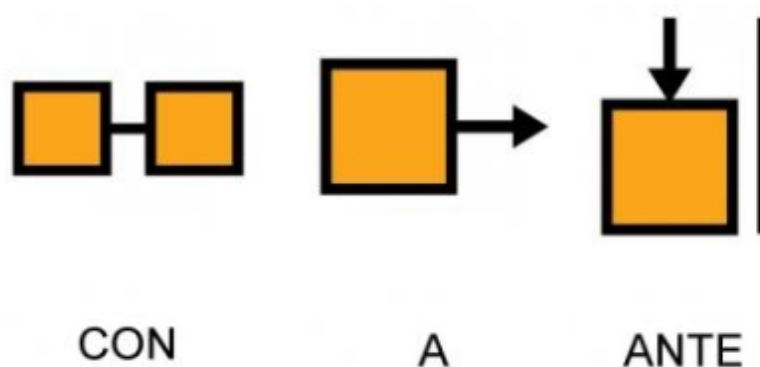


Figura 3.10: Representación de las preposiciones “con”, “a” y “ante”.

3.1.2. Comunicación mediante Pictogramas

Las personas con discapacidad cognitiva suelen emplear tableros de comunicación para comunicarse mediante pictogramas. Un tablero es una superficie en la que colocar los pictogramas para transmitir un mensaje. Hay formatos de tableros (plantillas) que se utilizan con mucha frecuencia ya que al utilizar siempre el mismo formato visualmente es más fácil y rápido comprender el objeto de la comunicación (dar una serie de normas, preguntar por una elección, dar la agenda de la semana,...)(Ventoso, 1995). Algunos de los formatos de tableros más empleados son:

- Agenda personal: sirve para mostrar todas las actividades que se van a realizar en un periodo de tiempo determinado (Sanz y Martén, 2002). En la Figura 3.11 se puede ver la agenda personal de una semana.
- Secuencias de actividades: sirven para mostrar los pasos necesarios para realizar una actividad. En la Figura 3.12 se muestra la secuencia de pasos que hay que seguir para lavarse los dientes.

					
	LUNES	MARTES	MÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
					
10	ASAMBLEA	LENGUAJE	ASAMBLEA	LENGUAJE	EXCURSIÓN
					
10:30	MATEMÁTICAS	VAMOS A LEER	MATEMÁTICAS	VAMOS A LEER	¡AL MUSEO!
					
11:00	TALLER DE MEMORIA	TALLER DE CUENTOS	TALLER DE LÓGICA	TALLER DE EXPRESIÓN	¡VAMOS ESCULTURAS!
					
11:30	RECREO	RECREO	RECREO	RECREO	¡DESAYUNAMOS!
					
12:00	PSICOMOTRICIDAD	MANUAIDADES	CUBO DE IMÁGENES	TALLER DE PINTURA	MIRAMOS CUADROS

Figura 3.11: Ejemplo de tablero para agenda personal.

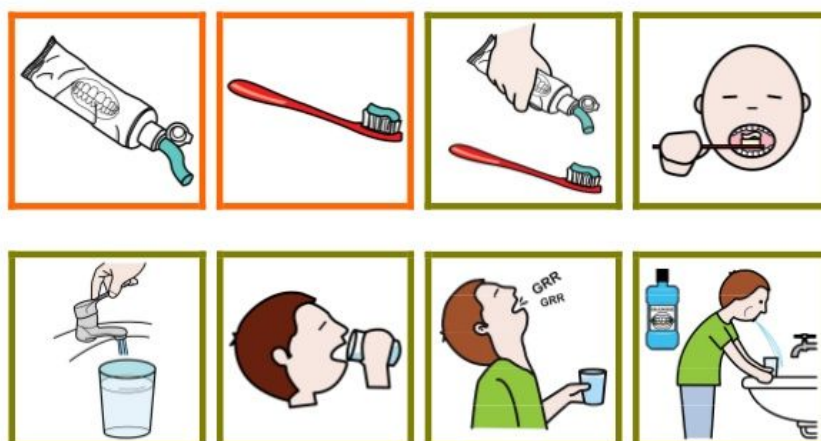


Figura 3.12: Ejemplo de tablero con la secuencia de pasos para lavarse los dientes.

- Normas: representación gráfica de normas de conductas y reglas sociales que se han de tener en cuenta en determinadas ocasiones. En la Figura 3.13 se puede ver un tablero con las normas de lo que se puede hacer y lo que no en el supermercado.

3.2. Editores de Tableros basados en Pictogramas

Existen diversas aplicaciones destinadas a facilitar la tarea de generar material con pictogramas para mejorar la comunicación de usuarios con dis-



Figura 3.13: Ejemplo de tablero de normas para el supermercado.

capacidad cognitiva. En las siguientes subsecciones se ofrece una breve descripción de algunas de ellas.

3.2.1. Pictoselector

Pictoselector⁸ es una herramienta gratuita que permite crear agendas visuales y tableros de comunicación, todos ellos basados en tablas. Se centra en facilitar la elección e impresión de los materiales con pictogramas, imágenes y fotografías. Contiene mas de 28.000 pictogramas y da soporte al holandés, inglés, español, portugués y francés. Los pictogramas utilizados vienen de ARASAAC, Sclera, Mulberry y algunos propios de la aplicación. Para seleccionar el conjunto de pictogramas con el que se desea trabajar tenemos una lista como la de la Figura 3.14.

Para la creación del material hay que seguir un formulario por pasos que permite elegir como será la estructura del documento. Después de pedir el nombre del material se puede elegir entre cuatro opciones para generar el material, entre ellas esta la opción de escoger una plantilla predefinida o elegir el numero de filas y columnas de la tabla. En la Figura 3.15 se pueden ver el resto de opciones y una previsualización del estado final. En el caso

⁸<https://www.pictoselector.eu/es/>

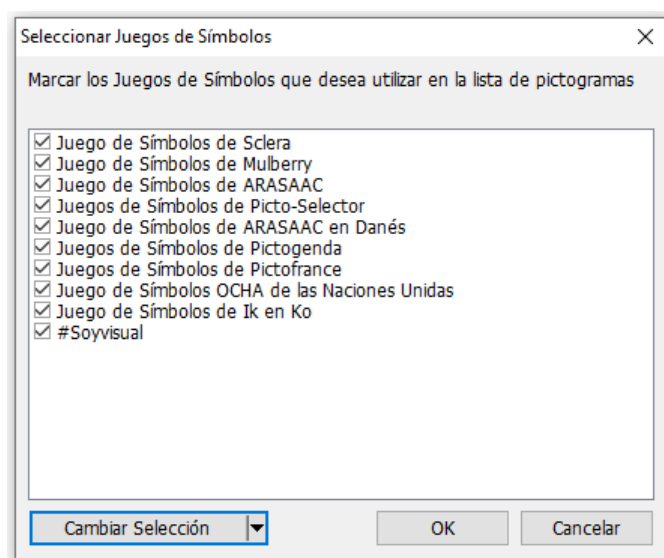


Figura 3.14: Vista de las opciones de selección de pictogramas en Pictoselector.

de seleccionar la opción de filas y columnas, hay que definir el número de filas y columnas, con un máximo de 25 en cada caso. Finalmente, se puede elegir la posición donde se desea mostrar el nombre de los pictogramas, y el formato de las celdas.

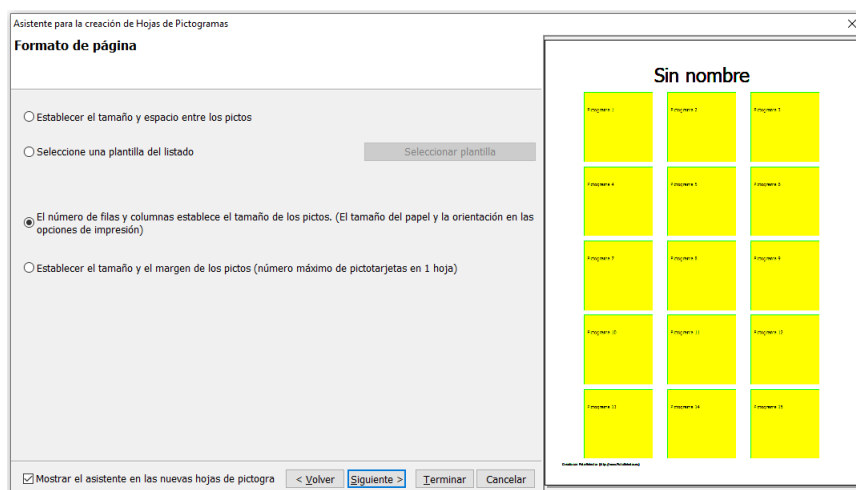


Figura 3.15: Vista de las opciones de selección de pictogramas en Pictoselector.

Una vez terminado dicho formulario habrá un área de trabajo en blanco sobre el que se irán añadiendo los pictogramas. En la Figura 3.16 se ve la

pantalla y las opciones disponibles a la hora de elegir el contenido.

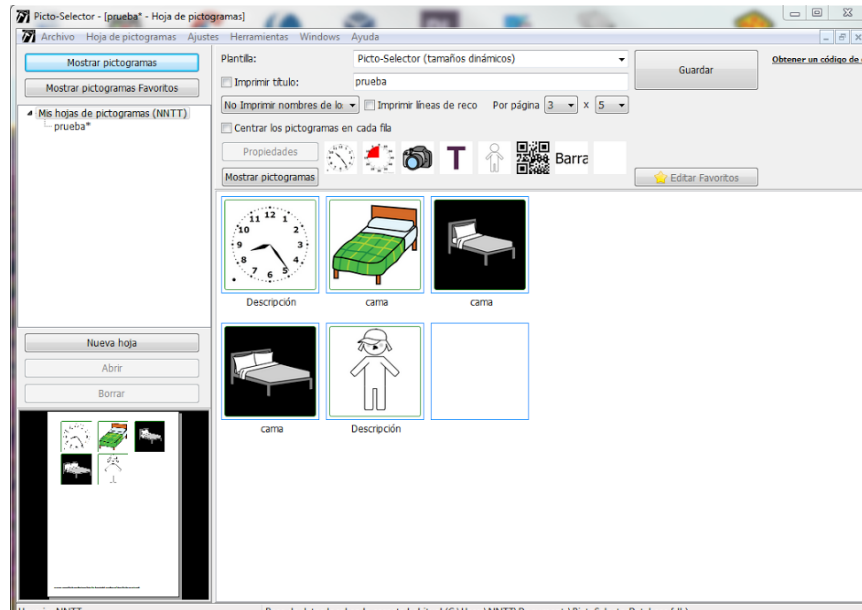


Figura 3.16: Pantalla principal de Pictoselector.

Pictoselector limita la estructura del material a una cuadrícula, lo que conlleva que los pictogramas sean todos del mismo tamaño. Partiendo de estas limitaciones, trata de ofrecer al usuario la mejor experiencia posible, permitiendo crear espacios en blanco, subir imágenes propias, etc, para poder personalizar el contenido al máximo. Además, cuenta con una pequeña ventana, en la parte inferior izquierda, en la que podemos visualizar como sería el resultado final del trabajo.

3.2.2. Editores propios de ARASAAC

En el portal de ARASAAC⁹ se pueden encontrar algunas herramientas propias que permiten generar recursos online. Cada herramienta es independiente y encontramos opciones bastante diversas, desde un generador de bingos hasta un generador de tableros de comunicación.

Las herramientas del portal de ARASAAC con las funcionalidades más similares a este proyecto son las siguientes:

- **Generador de tableros:** permite generar un tablero a partir de un numero de filas y de columnas, obteniendo así un tablero en el que

⁹<http://www.arasaac.org/herramientas.php>

también se puede determinar el tamaño de las celdas. En la Figura 3.17 se puede ver el resultado de generar un tablero de cinco columnas.

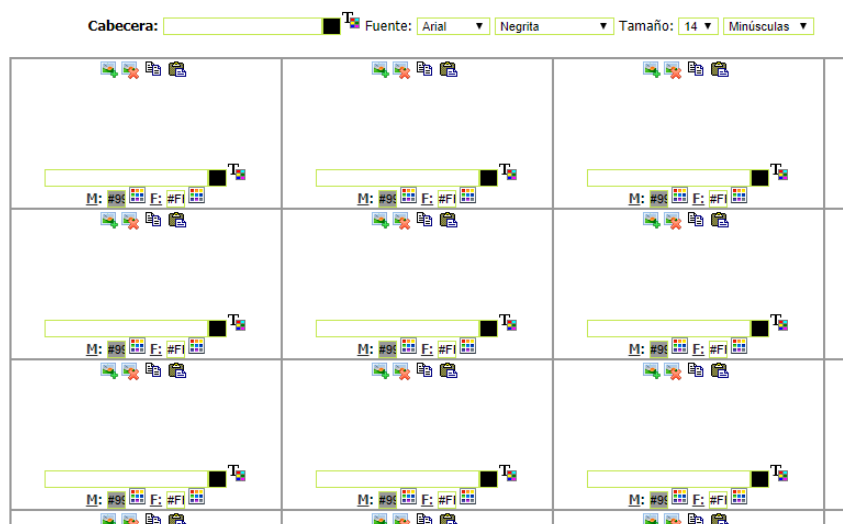


Figura 3.17: Tablero generado por el generador de tableros de ARASAAC.

- **Generador de calendarios:** se puede elegir el mes sobre el que se quiere trabajar y la forma de mostrar los días (con o sin pictogramas). La Figura 3.18 muestra el calendario creado por la aplicación para el mes de mayo, como se puede ver en la fila superior se indica mediante pictogramas el día de la semana, y en cada celda se indica el número del día.

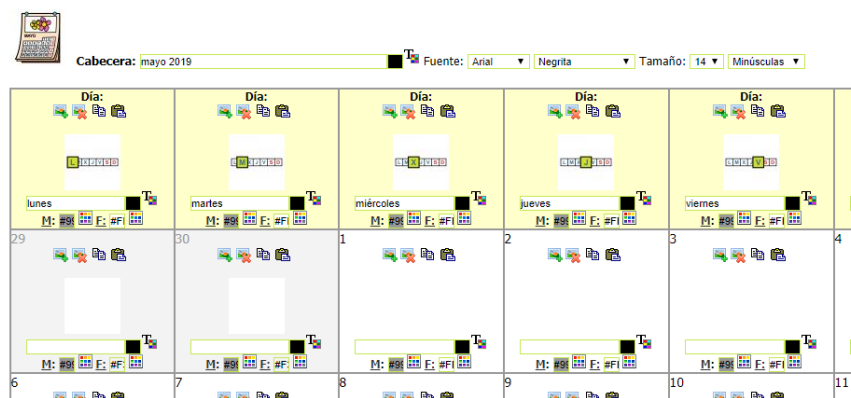


Figura 3.18: Calendario del mes de mayo generado por ARASAAC.

- **Generador de horarios:** para crear un horario hay que indicar el número de días, el número de horas que se necesita representar, y a partir de qué hora. En la Figura 3.19 se muestra un horario de cinco días empezando por el lunes a las 9:00 de la mañana, y a partir de esa hora una fila por cada hora.

The screenshot shows the ARASAAC scheduler interface. At the top, there is a header bar with a 'Cabecera:' label, a text input field, and a toolbar with icons for text formatting (font, bold, italic, size, case). Below the header is a grid of 12 cells arranged in 4 rows and 3 columns. The first column contains a calendar icon, a clock icon, and a time input field. The other columns are for days of the week. Each cell has a header bar with icons and a text area for content.

Figura 3.19: Horario generado por ARASAAC.

Una vez generada la plantilla con cualquiera de estas tres herramientas se puede editar el contenido de cada celda eligiendo qué pictograma se quiere poner. Como se puede ver en la Figura 3.20 estas herramientas también permiten personalizar cada celda y cada pictograma eligiendo el fondo, el borde y que tenga texto o no. Esta personalización es la misma para todas las herramientas.

The screenshot shows the 'Configuración de las Celdas' dialog box. It has a title bar and a main area with various settings. At the top, there is a dropdown for 'Aplicar configuración a:' with 'Todas las celdas' selected. Below that, there are settings for 'Texto:' (Position: Inferior, Font: Arial, Normal, Size: 9, Minusculas), 'Color fondo:' (background color), and 'Imagen:' (Size without text: 2, Size with text: 1.5). At the bottom, there is a button labeled 'Aplicar configuración a todas las celdas'.

Figura 3.20: Configuración de las Celdas ARASAAC

Además, todas las herramientas permiten exportar un fichero .rtf que se puede abrir en cualquier procesador de textos, pudiendo personalizarlo aún más y dando la posibilidad de imprimirlo o exportarlo a pdf.

3.2.3. Piktoplus

Piktoplus¹⁰ es una aplicación para dispositivos Android que ofrece un apoyo integral audiovisual. Permite crear contenidos personalizados para comunicación, secuencias de trabajo y normas. Esta herramienta permite registrar a los usuarios para personalizar el contenido que utiliza cada usuario. También se pueden personalizar los rasgos del avatar del usuario para que se identifique con él.

Como se puede ver en la Figura 3.21, a la hora de generar el contenido se parte inicialmente de un tablero compuesto por siete columnas y cuatro filas, asignando a cada celda un pictograma. Las celdas se pueden modificar para que ocupen más celdas. Por ejemplo en la Figura 3.21 el avatar de “Roi” ocupa cuatro celdas.



Figura 3.21: Generador de material con Piktoplus.

3.2.4. BoardMaker

BoardMaker¹¹ es una aplicación que existe en versión de escritorio y online. Esta herramienta permite al usuario diseñar cualquier tipo de contenido, partiendo de un lienzo en blanco en el que se pueden crear áreas, textos, y también pictogramas, estos pueden ir solos o estar asignados a un área. Además, cuenta con la opción de asociar a los pictogramas una cadena de texto en la posición que deseemos.

¹⁰<https://piktoplus.com/>

¹¹<https://www.boardmakeronline.com/>

En la Figura 3.22 se puede ver la pantalla inicial de la herramienta online, sobre la que empezar a trabajar. En la barra superior hay distintas opciones como generar uno o varios recuadros, formas libres, insertar texto o pictogramas. En el menú lateral se muestran las distintas opciones de configuración dependiendo del elemento seleccionado. Para seleccionar los pictogramas esta herramienta cuenta con un buscador que da soporte a múltiples idiomas.

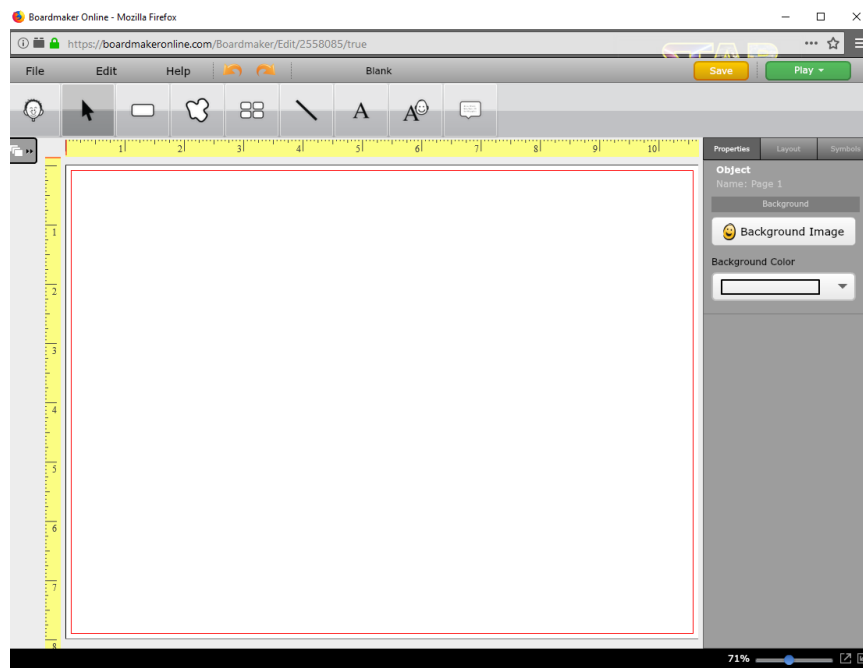


Figura 3.22: Pantalla inicial de BoardMaker Online.

El mayor inconveniente que tiene esta aplicación es su precio, ya que su versión básica de escritorio cuesta \$399,00 y para tener la versión online hay que pagar \$9,99 al mes o \$99,00 al año.

3.2.5. Pictar

Pictar¹² es una herramienta de traducción de texto a pictogramas (Martín, 2018), que también permite elaborar contenido. Como se puede ver en la Figura 3.23 para generar un tablero hay que seleccionar el número de columnas y el número de elementos a repartir entre las columnas. También se puede ver que a la derecha cuenta con un buscador que contiene todos los pictogramas de ARASAAC. Una vez colocado un pictograma en la tabla

¹²<http://hypatia.fdi.ucm.es/pictar/>

se puede decidir si ponerlo en escala de grises o en el color original. Pictar además permite decidir si se muestra o no el texto en las celdas y en qué posición (arriba o abajo).

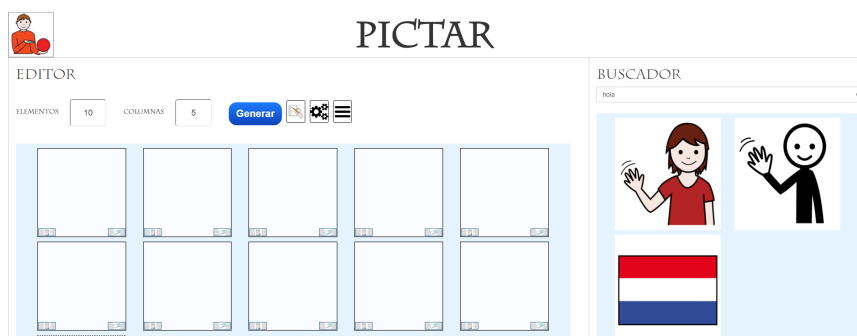


Figura 3.23: Pantalla principal de Pictar.

El gran inconveniente que tiene es que la distribución de los pictogramas está limitada a una tabla, haciendo también que el tamaño de cada pictograma esté preestablecido.

3.2.6. Conclusiones

A pesar de existir numerosas herramientas dedicadas a la creación de materiales basados en pictogramas, los usuarios aún no han encontrado una herramienta que les permita generar tableros de comunicación con la facilidad y flexibilidad que ellos necesitan. La excepción podría ser BoardMaker, pero tiene un precio demasiado elevado, lo que provoca que la mayoría de los usuarios no utilicen esta herramienta.

Una vez analizadas las aplicaciones existentes, se han obtenido una serie de conclusiones sobre las principales desventajas de las mismas:

- En las herramientas existentes se limita el tamaño de los pictogramas, impidiendo que los usuarios puedan poner un pictograma que representa una acción importante con un tamaño mayor.
- Usan tablas o cuadrículas que obligan al usuario a colocar los elementos en posiciones determinadas. Sin embargo, al generar un tablero no siempre se quiere seguir una cuadrícula, el uso de tablas disminuye la flexibilidad a la hora de generar tableros de distintos tipos.
- Las herramientas analizadas no dan la opción de decidir en qué pictogramas se quiere mostrar la palabra asociada al pictograma y en

cuales no. Es decir, o se muestra el nombre de la palabra asociada al pictograma en todos o no se muestra en ninguno. Hay ocasiones en las que el usuario aún no conoce el pictograma y es importante mostrar el nombre unicamente en ese pictograma.

- Algunas de estas herramientas permiten cambiar el color del borde de todos los pictogramas, pero es interesante poder hacerlo individualmente. Como se ha mencionado anteriormente en la Sección 3.1.1, en algunos sistemas pictográficos el borde del pictograma afecta al significado del mismo.
- Muchas de estas herramientas solo trabajan con pictogramas y el texto asociado al pictograma, pero también es muy importante el texto que aparece en los tableros ya que se puede utilizar para dar un contexto al mensaje.

Capítulo 4

Tecnologías

RESUMEN: En este capítulo se introducen las principales herramientas utilizadas en el proyecto, que son: `interact.js` (Sección 4.2), la API de ARASAAC (Sección 4.3), `html2canvas` (Sección 4.4) y Realtime Database de Firebase (Sección 4.5).

4.1. Introducción

El objetivo de este proyecto es la creación de una aplicación que debe ser accesible desde cualquier dispositivo, ordenador, tablet o móvil. Para conseguir esto, se ha desarrollado una aplicación web para que el único requisito que deban tener los dispositivos en los que se desee usar la herramienta sea tener conexión a internet. La aplicación web se ha desarrollado con HTML5 y CSS3. Para ayudar en la maquetación se ha usado Bootstrap 4 y para realizar las tareas más complejas se utiliza JavaScript.

En la aplicación era fundamental que los usuarios pudieran tener un elevado nivel de interacción con los elementos del tablero. Para ello se ha utilizado la librería *interact.js* que se explica en la Sección 4.2. Dentro de los elementos con los que se puede interactuar, se encuentran los pictogramas, que llegan a la aplicación mediante la API de ARASAAC explicada en la Sección 4.3. Una vez generada la plantilla o el tablero se debe poder guardar el material generado. Para el contenido privado se utiliza la API de LocalStorage y para el contenido público se utiliza Firebase que se explica en la Sección 4.5. El uso de Firebase y LocalStorage permite desarrollar el proyecto sobre una arquitectura *serverless*. LocalStorage es una API del navegador, accesible desde el cliente, el uso de LocalStorage en este proyecto

permite guardar las plantillas y tableros de cada usuario sin necesidad de tener que registrarlos, ya que se almacenan en cada dispositivo.

Para mostrar a los usuarios los listados de plantillas y tableros era necesario mostrar una miniatura de los elementos para que fueran rápidamente identificables de un solo vistazo, esto es posible gracias a la librería *html2canvas* que se explica en la sección 4.4.

4.2. Interact.js

Interact.js¹ es una librería de JavaScript que permite arrastrar y soltar elementos y cambiar su tamaño, permitiendo que el usuario tenga un elevado nivel de interacción con los elementos. Se ha decidido utilizar esta librería en el proyecto ya que de las opciones existentes, es la única que permite mover los elementos con mayor libertad, permitiendo así a nuestros usuarios colocar los elementos sin ningún tipo de restricción. La mayoría de herramientas disponibles solo permiten mover un elemento a una posición concreta y con características limitadas, es decir, un solo elemento por cada destino y de tamaño determinado. Algunos ejemplos de este caso son: HTML5 nativo, *draggable.js* ó *dragula*.

Interact.js permite al usuario colocar los pictogramas dentro del área de la plantilla o el tablero, y ajustarlos al tamaño que se desee.

Interact.js coge un elemento del DOM convirtiéndolo en objeto con el que se puede interactuar, este objeto tiene diferentes métodos para acciones y eventos que permiten configurar el objeto. Los principales son:

- **Draggable:** permite mover los elementos en cualquier dirección y hay que combinarlo con *dropzones*.
- **Dropzone:** se utiliza para definir el espacio donde se pueden mover los objetos de tipo *draggable*.
- **Resizable:** permite cambiar el tamaño de los elementos.

Todas estas acciones se añaden al objeto mediante la suscripción de eventos de JavaScript, que permite detectar cuando se esta interactuando con el elemento.

¹<https://interactjs.io/>

4.3. API de ARASAAC

ARASAAC provee a los desarrolladores una de API² para facilitar el uso de sus recursos en otros proyectos software. Esta API está bajo una licencia Creative Commons que permite utilizar sus recursos, siempre que no sean aplicaciones con fines comerciales.

La API de ARASAAC tiene métodos que permiten el acceso a materiales como agendas, normas, calendarios, etc. También tiene métodos que permiten trabajar con los pictogramas. Los dos métodos que se utilizaran en este TFG son:

- Método³ que permite buscar los pictogramas asociados a una palabra dada. Por cada pictograma asociado a la palabra recibida como entrada se devuelve el id del pictograma y las distintas acepciones que puede tener.
- Método⁴ que dado el id de un pictograma devuelve la imagen correspondiente a dicho pictograma.

Esta API ofrece soporte para múltiples idiomas, al realizar la petición se indica el idioma asociado a la petición y el idioma esperado en los resultados.

4.4. Html2canvas

Html2canvas⁵ es una librería JavaScript que permite hacer capturas de páginas web o partes de ella. Para hacer las capturas se recorre el DOM recopilando toda la información posible, para posteriormente reconstruir los elementos en un canvas, que utilizaremos como imagen para las miniaturas de las plantillas. Al no realizar una captura de lo que se ve en la pantalla, el resultado obtenido puede que no sea 100 % preciso. Esta librería presenta algunos problemas de compatibilidades:

- Para que la herramienta capture todas las imágenes, éstas han de estar en el servidor, por lo que si las imágenes vienen de una url externa no podrá acceder a ellas.
- No soporta todas las propiedades CSS, entre ellas *clip-path*.

²<https://beta.arasaac.org/developers/api>

³<https://api.arasaac.org/api/pictograms/es/search/:palabra>

⁴<https://api.arasaac.org/api/pictograms/:identificador>

⁵<https://html2canvas.hertzen.com/>

4.5. Firebase

Firebase⁶ es una plataforma de Google disponible para desarrollo Android, iOS y web, que permite desarrollar aplicaciones de calidad de forma muy rápida. Firebase ofrece gran cantidad de servicios, algunos de los más destacados son:

- **Realtime Database:** base de datos NoSQL que permite almacenar y sincronizar datos en tiempo real.
- **Authentication:** permite realizar la autenticación de los usuarios de manera fácil y segura. De manera predeterminada permite realizar este proceso con Google, Twitter, Facebook y GitHub, pero también se pueden utilizar muchos más.
- **Cloud Storage:** proporciona cargas y descargas de archivos sin importar la calidad de red y gestionando la capa de seguridad.
- **Hosting:** proporciona hosting estático, rápido y seguro para la web.
- **Cloud Functions:** permite crear funciones en JavaScript que se ejecutarán cuando tenga lugar algún evento de Firebase.

De todos los servicios que nos ofrece Firebase, en este proyecto se utiliza Realtime Database para la gestión de las plantillas y los tableros públicos. Firebase Realtime Database⁷ es una base de datos NoSQL que permite sincronizar los datos con todos los clientes en tiempo real. Las siguientes funcionalidades son las que se utilizan en este proyecto:

- Sincronización de datos en tiempo real: permite que cuando se hace público un tablero o una plantilla esté accesible a todos los usuarios automáticamente. Esto es posible mediante la suscripción de eventos JavaScript, que se quedan a la espera de cambios en la base de datos.
- Accesible desde el cliente: se puede acceder a la base de datos desde el cliente, no es necesario un servidor, lo cual nos permite realizar una aplicación *serverless*. Además la seguridad y la validación de datos se realizan desde las reglas de seguridad que se pueden configurar desde *Firebase*.

⁶<https://firebase.google.com/>

⁷<https://firebase.google.com/products/realtime-database/>

- Formato de datos JSON: los datos se almacenan en formato JSON, lo cual nos permite definir la estructura de datos a nuestro gusto y también tener la misma estructura en las plantillas y en los tableros privados.

En la Figura 4.1 se muestra un esquema del funcionamiento de Firebase Realtime Database, se puede observar que cuando se produce un cambio en la base de datos desde un dispositivo se actualiza también en todos los demás dispositivos.

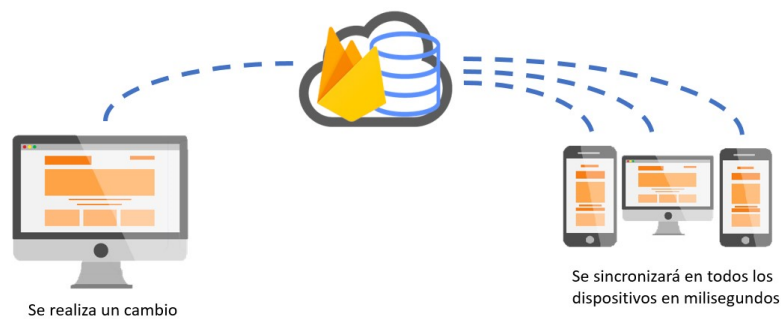


Figura 4.1: Esquema de funcionamiento de Firebase Realtime Database

Capítulo 5

PicTableros

RESUMEN: En este capítulo se explica el proceso de desarrollo de la aplicación PicTableros, una aplicación web para la creación de plantillas y tableros de comunicación con pictogramas. En este capítulo se explicarán cada una de las fases del desarrollo: en la Sección 5.1 se explica en detalle cómo se llevó a cabo la captura de requisitos, en la Sección 5.2 se explica cómo se diseñó la aplicación y en la Sección 5.3 se explica cómo se implementó PicTableros. Por ultimo, en la Sección 5.4 se explica la fase de evaluación con usuarios finales.

5.1. Captura de requisitos

En este proyecto se ha dado mucha importancia al usuario final de la aplicación, con la intención de desarrollar una herramienta que cubra de verdad sus necesidades. Los usuarios finales en este proyecto son los padres, profesores o tutores de las personas con discapacidad cognitiva, pues son ellos los encargados de crear los tableros de comunicación. Por ello, durante todo el proceso se ha trabajado con la Asociación de Autismo Sevilla y con el Colegio Ángel Riviere de Sevilla.

Como ya se ha explicado anteriormente, para facilitar la comunicación con personas con discapacidad cognitiva se suelen emplear siempre las mismas plantillas y así los receptores del mensaje sabrán identificar rápidamente el objetivo del tablero: secuencia de acciones, agenda, normas, . . . A pesar de que ya existen herramientas digitales para la creación de tableros de comunicación con pictogramas, tal y como se ha visto en el Capítulo 3.2, los usuarios aún no han encontrado una que cubra todas sus necesidades. Esto motivó el

desarrollo de una herramienta que permita a los usuarios diseñar sus plantillas y tableros de una manera más sencilla y rápida, entendiendo como una plantilla el material que sirve de base para después generar distintos tableros de comunicación.

En una reunión que tuvo lugar el 22 de Febrero de 2017 durante la Jornada de Trabajo en Aulas TIC, desde la Asociación de Autismo Sevilla nos transmitieron la necesidad de una aplicación que les permitiese digitalizar las plantillas que utilizan para comunicarse con sus usuarios, ya que hasta entonces era un trabajo que realizaban de manera manual. Cada vez que deseaban hacer un tablero para una agenda, por ejemplo, tenían que dibujarlo de manera manual desde cero. Nos indicaron que les sería de gran utilidad tener una herramienta que les permitiera crear las plantillas según el tipo de tablero (agenda, normas, secuencias de acciones, . . .) y luego usar estas plantillas para generar los tableros modificando o añadiendo solo la información propia del tablero concreto. En la Figura 5.1 se muestra a la izquierda la plantilla de elegir entre tres opciones y a la derecha se muestra el tablero creado a partir de dicha plantilla para elegir entre tres juguetes.

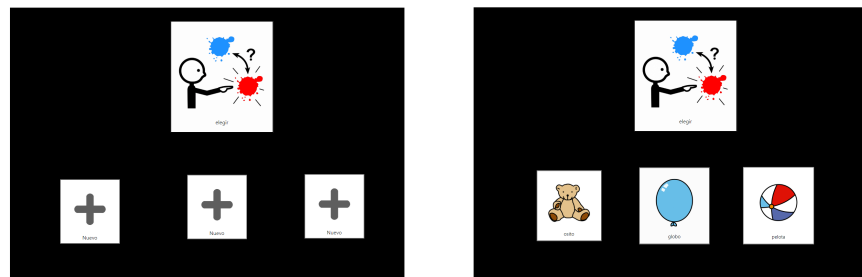


Figura 5.1: A la izquierda la plantilla de elegir y a la derecha el tablero creado a partir de la plantilla para elegir entre tres juguetes.

Para identificar todos los requisitos de la aplicación desde la Asociación de Autismo Sevilla nos hicieron llegar las plantillas que utilizaban con más frecuencia (ver Figura 5.2). En base a estas plantillas y a las necesidades expresadas por la asociación se establecieron los siguientes requisitos:

- La aplicación debe ser accesible desde cualquier dispositivo y en cualquier momento y para que los usuarios puedan acceder a su material en cualquier situación.
- Los usuarios deben poder tener tantas plantillas y tableros como deseen. Además, es importante que los puedan compartir entre distintos dispositivos y con distintos usuarios.
- Debe haber un buscador que permita encontrar cualquier pictograma de ARASAAC.

- Se deben poder arrastrar y soltar los elementos en cualquier posición de la plantilla, sin las restricciones impuestas por los típicos formatos de cuadrícula.
- El tamaño de los elementos del tablero debe ser configurable. Tal y como se puede observar en la Figura 5.2 no todos los elementos de las plantillas tienen el mismo tamaño.
- Se debe permitir al usuario crear cuadros de texto, en los que poder establecer el color del texto, el borde y el fondo. Esto será necesario para crear las plantillas de normas o de sistemas de puntos.
- Hay que permitir al usuario crear áreas en las que poder colocar los pictogramas. Estas áreas deben ser personalizables y se debe poder cambiar el color del borde y del fondo para conseguir áreas personalizadas como las de la plantilla de Normas 1.
- Los pictogramas se tienen que poder personalizar cambiando el color del borde y del fondo. Además los pictogramas también se deben poder tachar. Esto será necesario para crear plantillas como Normas 2.
- Se debe permitir crear pictogramas en blanco que permitan al usuario sustituirlos por el pictograma deseado cuando se cree un tablero usando la plantilla. Por ejemplo, en la plantilla Elegir las opciones entre las que se puede elegir estarán en blanco y cuando el usuario cree un tablero utilizando esta plantilla podrá rellenar estas opciones con los pictogramas entre los que se puede elegir.
- El usuario debe poder trabajar con figuras geométricas. Así podrá crear plantillas como el Calendario Semanal en la que los días de la semana están representados por distintas formas geométricas.

Teniendo en cuenta los requisitos obtenidos en esta fase se procedió a diseñar la primera versión de la aplicación.

5.2. Diseño de la interfaz

Para diseñar la interfaz de la aplicación, se han realizado distintas etapas. En la primera fase se diseñó un prototipo tecnológico para explorar si tecnológicamente era posible implementar todos los requisitos capturados en la fase anterior. En la segunda fase se diseñaron prototipos en papel que permitían a los usuarios interactuar con los elementos, para así implicar a los usuarios finales en el diseño y obtener una herramienta que se ajustase

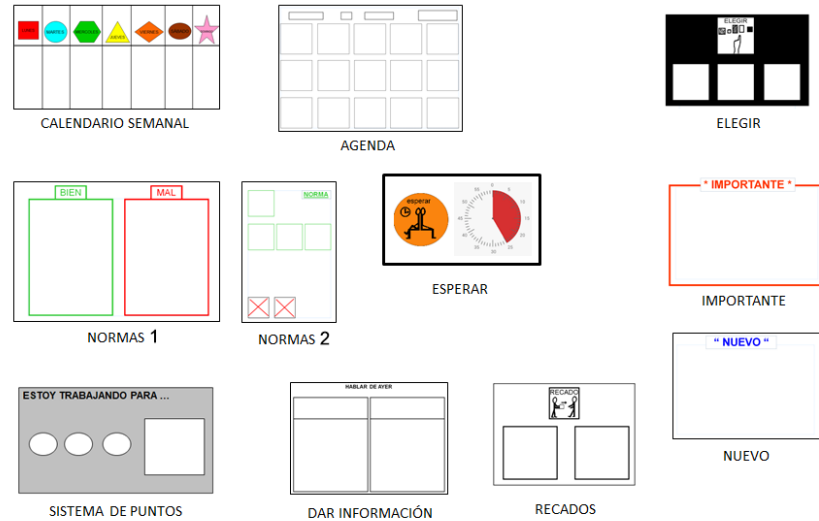


Figura 5.2: Plantillas enviadas por la Asociación Autismo Sevilla durante la fase de captura de requisitos.

realmente a sus necesidades. Por último, se validaron los prototipos con los usuarios finales de la aplicación. En las siguientes secciones se explican en detalle cada una de estas etapas.

5.2.1. Prototipo tecnológico

Después de los requisitos obtenidos se decidió desarrollar este proyecto como una aplicación web, para hacerlo accesible desde cualquier dispositivo, ya sea ordenador, móvil o tablet. De esta manera el único requisito que deben cumplir los dispositivos de los usuarios es contar con conexión a internet.

Antes de diseñar los prototipos en papel y presentárselos a los usuarios, era necesario comprobar si tecnológicamente era posible implementar los requisitos capturados en una aplicación web.

De los requisitos obtenidos el que representaba un mayor reto tecnológico era permitir a los usuarios interactuar libremente con los elementos de las plantillas y tableros. Para ello se investigó acerca de las librerías que permitían arrastrar y soltar elementos como HTML5 nativo, *dragula* ó *dragable.js*, pero ninguna permitía la libertad que los usuarios requerían, finalmente se decidió usar *interact.js*. En un primer momento se valoró la opción utilizar la funcionalidad de esta librería, que permite que en el área de destino existiese

una cuadrícula en el fondo para que los usuarios pudiesen alinear fácilmente los elementos, pero no era posible aplicar esta opción y cumplir con el requisito de que los elementos pudiesen cambiar de tamaño.

El prototipo tecnológico permitió validar qué requisitos se podían cubrir con la aplicación, y así a la hora de realizar los prototipos en papel y presentárselos a los usuarios, tener la certeza de que las funcionalidades de los prototipos en papel se podían implementar en la aplicación.

5.2.2. Prototipo de papel interactivo

Una vez estaba claro que todos los requisitos capturados se podían implementar y se tenía una idea de como debía ser la aplicación, se realizaron prototipos en papel de la aplicación, para que los pudiesen evaluar los usuarios finales y así obtener una aplicación que se adaptase lo máximo posible a sus necesidades. Los prototipos en papel al completo se encuentran en el repositorio de GitHub¹ del proyecto. En la Figura 5.3 se muestra el prototipo de la lista de plantillas privadas, en el caso de los otros listados el formato es similar. En el menú lateral se pueden observar las opciones para los distintos listados de plantillas desplegadas: públicas, privadas, y crear una nueva plantilla. En el caso de los tableros serían las mismas opciones: tableros públicos, privados y crear un nuevo tablero. Para cada plantilla privada tenemos las siguientes opciones:

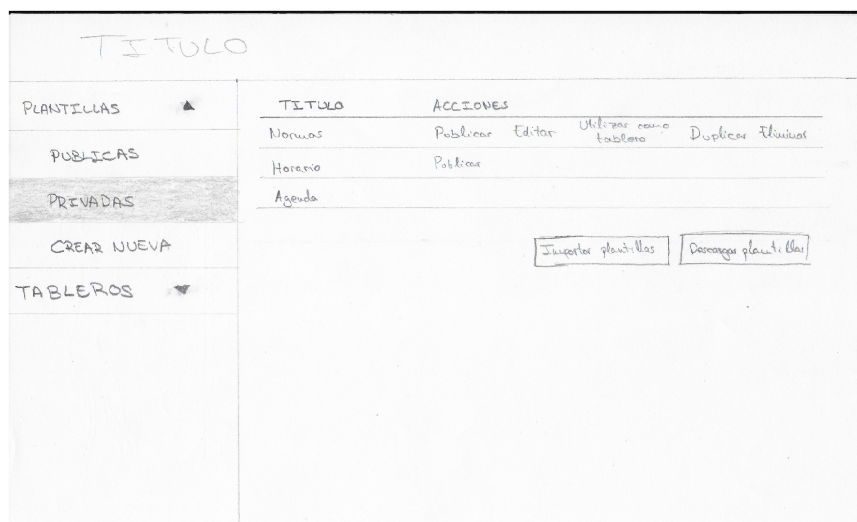


Figura 5.3: Prototipo en papel de la lista de plantillas privadas.

¹<https://github.com/NILGroup/TFG1819-Tableros/blob/master/Prototipos/prototipos.pdf>

- **Publicar:** sirve para publicar la plantilla y dejarla accesible para todo el mundo. De este modo la asociación o el colegio podrían crear las plantillas que usan habitualmente y hacerlas públicas para que todos los profesores, padres o tutores, puedan utilizarlas también.
- **Editar:** lleva al editor de plantillas para poder hacer modificaciones sobre la plantilla ya creada.
- **Utilizar como tablero:** sirve para crear un tablero a partir de la plantilla.
- **Duplicar:** crea una copia de la plantilla.
- **Eliminar:** elimina la plantilla.

Al final del listado de las plantillas privadas se encuentran dos opciones:

- **Importar plantillas:** permite a los usuarios importar un archivo con plantillas.
- **Descargar plantillas:** permite a los usuarios descargar todas las plantillas privadas, para así tener un archivo que poder compartir con otros dispositivos.

Para las plantillas públicas las opciones disponibles son:

- **Crear copia privada:** sirve para crear una plantilla privada a partir de la pública.
- **Utilizar como tablero:** sirve para crear un tablero privado a partir de la plantilla.
- **Ver:** permite visualizar la plantilla.

Para los tableros privados las opciones son: publicar, ver, editar, duplicar, eliminar, descargar e importar tableros privados. Para los tableros públicos las opciones son: crear copia privada y ver.

En la Figura 5.4 se puede observar el editor de plantillas, que cuenta con tres secciones:

- En la parte superior, se muestra una barra con un botón que lleva a la vista de los listados (*home*) y el nombre del elemento que estamos

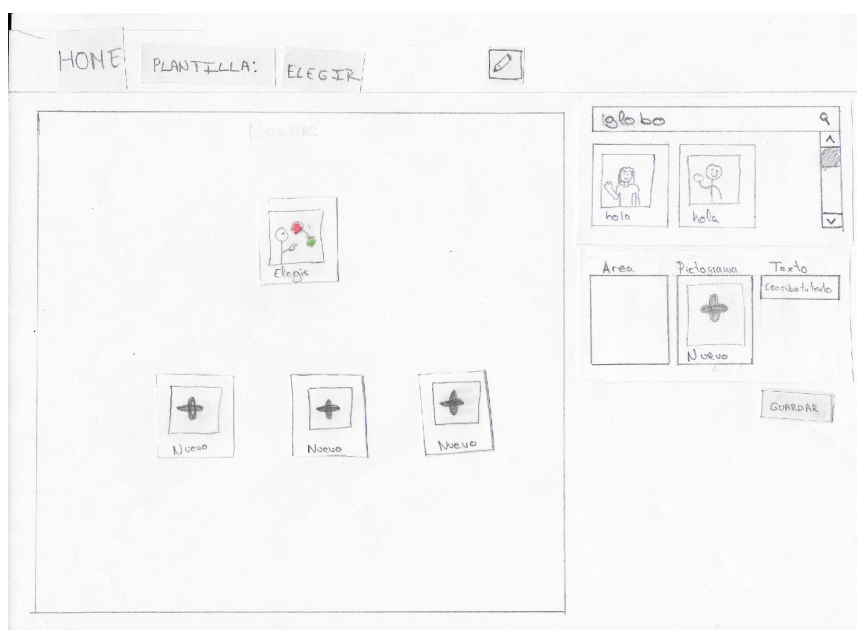


Figura 5.4: Prototipo en papel de la vista del editor de plantillas.

editando. Para editar este nombre se dispone de un botón con un lápiz. Al pulsarlo se mostrará un cuadro de texto que permitirá cambiar el nombre del título.

- A la izquierda se muestra el área destinada a la plantilla.
- A la derecha se muestra el buscador de pictogramas, y debajo los tres elementos que permiten al usuario personalizar la plantilla: área, pictograma en blanco, y cuadro de texto. El pictograma en blanco sirve para generar una plantilla con los huecos que posteriormente se sustituirán por pictogramas en el tablero. En el caso de la plantilla de la Figura 5.4 los pictogramas del área de la plantilla en los que pone “Nuevo” se sustituirán por los pictogramas de las opciones entre las que elegir.

Todos los elementos que se pueden utilizar para crear una plantilla se pueden personalizar. Si en el área principal se pulsa sobre un elemento aparece en el menú de la derecha un menú con las distintas opciones de personalización. En la Figura 5.5 se muestra el editor de plantillas junto con las opciones de personalización de los pictogramas. De un pictograma se puede cambiar el color del borde y del fondo, el texto asociado al pictograma y decidir si se quiere mostrar o no el texto. La última opción disponible es la opción de tachar el pictograma, esta opción cambia según pulsas en ella permitiendo tachar, poner un tick o no poner nada. El resto de elementos

que se pueden poner en una plantilla tienen unas opciones de personalización similares. También se podrán cambiar de tamaño aunque eso no se vea reflejado en el prototipo de papel.



Figura 5.5: Prototipo en papel del editor de plantillas con menú de ajustes de los pictogramas.

El editor de tableros tiene una interfaz similar al editor de plantillas, como se puede ver en la Figura 5.6 la barra superior y el área principal no tienen ningún cambio con respecto al editor de plantillas, pero en este caso en el menú de la derecha solo contamos con el buscador de pictogramas, ya que cuando se edita un tablero la idea es que solo sea necesario colocar los pictogramas relativos al tablero.

5.2.3. Validación de prototipos

Después de realizar los prototipos en papel, el 28 de marzo tuvo lugar una reunión con la Asociación Autismo Sevilla, en el colegio Angel Riviere. En ella se mostraron a los usuarios finales los prototipos en papel.

Una de las partes más interesantes de la reunión fue que nos enseñaron el contexto de uso y la importancia que tienen las plantillas en su trabajo del día a día. Todos los colegios y asociaciones bajo la influencia a nivel provincial de la Asociación usan sus plantillas de manera estándar, entrenando tanto a los docentes como a los familiares en su uso. De esta manera, los jóvenes con autismo aprenden qué significan y se las encuentran en todos los

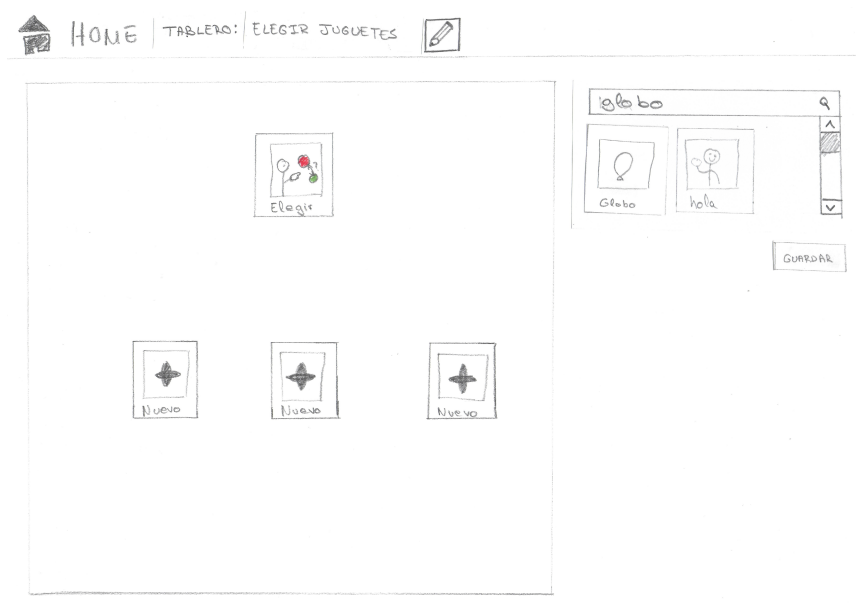


Figura 5.6: Prototipo en papel de la vista del editor de tableros.

ámbitos de su vida (escolar, familiar, etc.), haciendo así mucho más fácil la comunicación con ellos. Nos enseñaron cómo trabajan actualmente con los tableros y plantillas en papel. En todas las clases hay numerosas “instancias” de las plantillas por las paredes, en cuadernos personales de los alumnos, en libretas de profesores... Estas plantillas son la base de la comunicación con sus estudiantes. Actualmente todo se hace con papel y cartulina, recortables, pegatinas y transparencias. Por ejemplo, el kit básico del profesor es una libreta en blanco y un bolígrafo de cuatro colores para que cuando lo necesitan puedan crear el tablero que necesiten en cada momento para comunicarse con el estudiante. Esto se recomienda también a los padres, a los que se involucra para que ayuden haciendo materiales de este tipo para el colegio y la asociación.

Lo que les gustaría que hiciera el sistema es que todo este método “artesanal” para generar tableros se pudiera digitalizar y llevar en el móvil o la tablet. Así, en cualquier momento se podría crear un tablero rápidamente sin necesidad de pararse a dibujarlo desde cero. El uso de la aplicación debe ser sencillo y rápido, ya que cuando se necesita uno de estos tableros no hay mucho tiempo para reaccionar, por ejemplo si el joven con autismo se pone nervioso necesitamos tranquilizarle rápidamente y para ello necesitaremos crear un tablero de comunicación.

Teniendo claro el contexto de uso, procedimos a mostrarles los prototipos en papel que habíamos creado y les dejamos interactuar con ellos. En esta

etapa las recomendaciones sobre la aplicación fueron:

- La vista por defecto al entrar a la aplicación debía ser la de plantillas privadas, será la que usen habitualmente.
- Para crear plantillas se utilizarán indistintamente cualquier dispositivo (ordenador, móvil o tablet), pero para crear los tableros lo más habitual será hacerlo con un móvil.
- En los listados de plantillas y tableros debería de aparecer una miniatura con el contenido del tablero o la plantilla para facilitar la búsqueda en el listado.
- Todos los tableros deberían ser privados, no le ven ninguna utilidad a tener tableros públicos.
- Deberían poder tener una vista del tablero sin las opciones de edición, para que no haya elementos que provoquen distracciones en el momento en que se quiera mostrar el tablero al receptor del mensaje.
- Opciones que se deberían añadir en las plantillas:
 - Añadir figuras geométricas para representar los días de la semana.
 - Añadir cuadros de texto que se puedan editar posteriormente en el tablero. Los cuadros de texto en el prototipo no eran editables en el editor de tableros.
 - Añadir como elemento nuevo la flecha. Esto sirve para crear la plantilla de la Figura 5.7 que no se encontraba entre las que nos dieron inicialmente. Esta plantilla sirve para dar una solución a un problema.

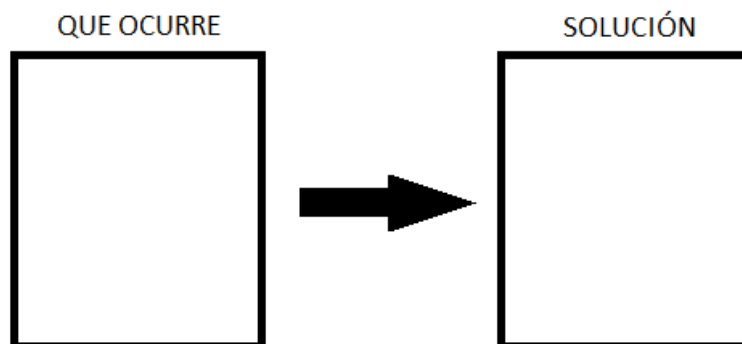


Figura 5.7: Plantilla que representa que ocurre y la solución.

- Añadir el pictograma de esperar como un pictograma especial, ya que el que utilizan no forma parte de los pictogramas de ARA-SAAC y por tanto no se encontraría en el buscador.
 - Añadir círculos que se puedan poner en amarillo. Esto sirve para marcar una tarea como realizada.
 - Hacer que una plantilla se vincule a otra, para que los usuarios puedan navegar entre distintas plantillas.
 - Poder cambiar el color del texto.
 - Poder poner un tick por encima del pictograma.
 - Añadir un borde al hueco para el pictograma, para que se note la diferencia con el resto de elementos.
 - Hacer más gruesos los bordes de los elementos.
- Opciones que se deberían añadir en los tableros:
- Poder cambiar el texto de los cuadros de texto al crear una plantilla si se han marcado como editables al crear un tablero a partir de una plantilla.
 - Posibilidad de recolocar los pictogramas si se elimina alguno. Serviría, por ejemplo para que en las agendas si se cancela una actividad se recolquen las demás.
 - Poder poner un punto amarillo en un pictograma cuando la tarea representada en el pictograma esté completada.
 - Añadir un buscador de imágenes en Google, para poder añadir imágenes además de pictogramas.
 - Poder tachar el pictograma.
 - Poder poner un tick en el pictograma.
 - Poder tapar el pictograma con una transparencia azul.
 - Poder añadir imágenes personales además de pictogramas para crear tableros personalizados.

Debido a las restricciones de tiempo existentes para presentar el TFG no se podían implementar todos los cambios y mejoras propuestos, así que se decidió priorizar estos cambios y realizar solo los mas prioritarios. Para realizar esta priorización a cada cambio propuesto se le asignó un valor entre uno y tres (asignando un tres a las mejoras que más valor aportan al producto y uno a las que menos). También se asignó una dificultad a cada cambio (siendo uno el valor asignado a los cambios que entrañan mas dificultad y tres los que menos). Una vez definido el valor y la dificultad de los cambios propuestos, se obtuvo una prioridad para cada mejora (valor*dificultad) en

base a la que realizar los cambios. Los resultados se pueden observar en la Tabla 5.1. Todos los cambios con una prioridad mayor que tres se han podido implementar finalmente en la aplicación, también uno de los cambios con prioridad tres se ha implementado debido a la importancia que tenía para los usuarios y el valor que añadía a la aplicación. Este cambio es el de mostrar las miniaturas de plantillas y tableros.

5.3. Implementación

Como se ha comentado anteriormente, para este proyecto se ha desarrollado una aplicación web. El código de la aplicación se encuentra en GitHub² y se puede acceder a ella en: <https://holstein.fdi.ucm.es/tfg-plantillas/>.

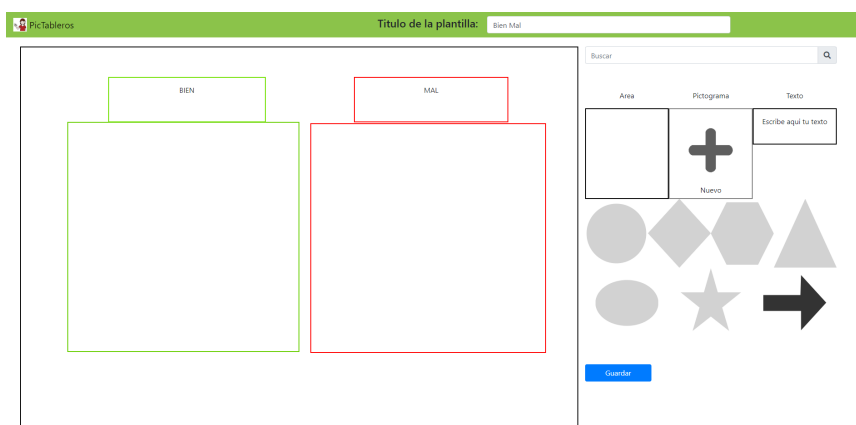


Figura 5.8: Vista del editor de plantillas.

La aplicación consta de tres partes diferenciadas: los listados (ver Figura 5.9), el editor de plantillas (ver Figura 5.15) y el editor de tableros (ver Figura 5.21).

El desarrollo de la interfaz se ha realizado utilizando HTML y CSS. Se ha realizado un diseño *responsive* para que la aplicación se pudiese utilizar en cualquier dispositivo indistintamente de la pantalla y la orientación. Para facilitar esta tarea se ha utilizado Bootstrap que con sus *media-queries* hace que la interfaz se adapte a las características del dispositivo. Para el resto de funcionalidades como arrastrar y soltar, buscar pictogramas, guardar, publicar, etc. se utiliza JavaScript. Al ser JavaScript un lenguaje que se puede interpretar en el cliente, permite que la arquitectura de esta aplicación sea

²<https://github.com/NILGroup/TFG1819-Tableros/tree/master/Aplicacion>

Cambios propuestos	<i>Dificultad</i>	<i>Importancia</i>	<i>Prioridad</i>	<i>Realizado</i>
Vista por defecto plantillas privadas	3	1	3	X
Operativo en dispositivo móvil	2	3	6	X
Mostrar miniatura del contenido	1	3	3	X
Eliminar tableros públicos	3	1	3	
Crear vista para mostrar tablero (sin opciones de editar)	2	3	6	X
Cambios propuestos para las plantillas				
Añadir figuras geométricas como elemento	2	3	6	X
Añadir opción de editar a los cuadros de texto	2	2	4	X
Añadir flecha	3	3	9	X
Añadir pictograma de esperar	3	3	9	X
Añadir círculos	3	3	9	X
Vincular plantillas entre sí	1	1	1	
Poder cambiar el color del texto	3	2	6	X
Tick pictograma	3	3	9	X
Poner borde para el pictograma nuevo	3	2	6	X
Hacer los bordes del área más gruesos	3	2	6	X
Cambios propuestos para los tableros				
Poder editar el texto (si en la plantilla se ha establecido como editable)	2	2	4	X
Posibilidad de recolocar los pictogramas	1	2	2	
Poder poner un punto amarillo cuando la tarea esté completada	3	2	6	X
Añadir buscador de imágenes de google	1	1	1	
Tachar pictograma	3	3	9	X
Tick pictograma	3	3	9	X
Tapar pictograma (transparencia azul)	3	3	9	X
Añadir imágenes personales	1	3	3	

Tabla 5.1: Lista de cambios propuestos junto con su dificultad, su importancia, su prioridad y si se ha implementado o no finalmente

*serverless*³.

En las siguientes secciones se van a explicar en detalle las vistas principales de la aplicación y las funcionalidades específicas de cada una y como están implementadas.

5.3.1. Listados

La vista con las listas de las plantillas o tableros es la vista inicial de la aplicación, es decir, lo primero que se ve al entrar a la aplicación. Inicialmente se encuentra la lista de plantillas privadas, que se corresponde con la Figura 5.9. Esta vista cuenta con un menú lateral, que permite al usuario navegar entre los distintos tipos de contenido: plantillas privadas, plantillas públicas, tableros privados y tableros públicos. Para navegar entre las distintas vistas se ha implementado un *router* en el cliente que carga las listas según el *hash*, sin necesidad de recargar la página, haciéndola así más dinámica. Para implementar este *router* se ha utilizado el evento `hashchange` de JavaScript. Este método permite ejecutar una función cada vez que cambia la *url*, en este caso se cargan las distintas listas de la aplicación.

En las plantillas y tableros privados existe la opción de importar y exportar, que se puede ver en la esquina superior derecha de la Figura 5.9. Al exportar se genera un fichero .json con todas las plantillas o tableros del usuario, para poder compartir el material entre dispositivos y con otros usuarios. Para generar el fichero se utiliza *Blob*⁴ que permite crear ficheros de cualquier tipo, entre ellos .json, para después descargarlos. Cuando se importa un archivo se guarda un objeto con cada plantilla o tablero en *LocalStorage*⁵. *LocalStorage* es una propiedad de HTML5 que permite almacenar datos en el navegador de manera persistente. Para guardar los elementos importados se utiliza la función `setItem` que recibe un objeto del tipo clave y valor.

Como se puede observar en el listado de plantillas que aparece a la derecha de la Figura 5.9, se muestra una miniatura de cada plantilla para que así los usuarios puedan localizar mas fácilmente la plantilla con la que desean trabajar. Para poder mostrar la miniatura se utiliza la librería *html2canvas*, que lee del DOM el área de la plantilla y todo lo que la compone, y reconstruye todos estos elementos en un canvas. Con el canvas se puede generar una imagen codificada en *base64* que se asocia al contenido al guardarlo. Cuando se codifica una imagen en *base64* se convierte la información de la imagen en una serie de caracteres de texto, lo que permite que guardar esta

³La aplicación no necesita de un servidor para su funcionamiento.

⁴<https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/API/Blob>

⁵<https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/API/Window/localStorage>

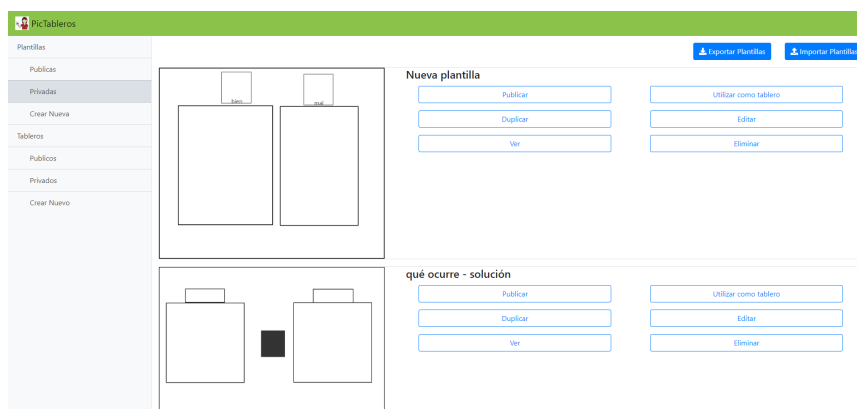


Figura 5.9: Vista del listado de las plantillas privadas.

información en un objeto, para luego guardarlo.

Dentro de las plantillas privadas se disponen de distintas opciones sobre cada plantilla:

- **Publicar:** permite publicar la plantilla. Cuando se hace pública una plantilla, se hace mediante el método `set` de Firebase que espera recibir un objeto con la clave y el valor de la plantilla, guardándolo en la base de datos.
- **Utilizar como tablero:** se crea un tablero privado a partir de la plantilla, guardando un nuevo elemento con un identificador distinto con la misma información que tenía la plantilla. Además redirecciona al editor de tableros cargando el tablero creado a partir de la plantilla.
- **Duplicar:** se duplica la plantilla, el elemento generado mantiene el mismo título, añadiendo “-copia” al final.
- **Editar:** lleva a la vista del editor de plantillas, cargando la plantilla seleccionada.
- **Ver:** lleva a una vista en la que únicamente se muestra la plantilla, sin opciones de edición.
- **Eliminar:** elimina la plantilla seleccionada.

Además de las plantillas privadas, el usuario dispone de tres tipos de listados más, que se pueden ver en la parte izquierda de la Figura 5.9: plantillas públicas, tableros privados, y tableros públicos.



Figura 5.10: Vista del listado de las plantillas públicas.

En la Figura 5.10 se puede ver el listado de plantillas públicas. Las opciones por cada plantilla pública son las siguientes:

- **Crear copia privada:** crea una copia privada de la plantilla en LocalStorage, para que el usuario pueda trabajar con ella.
- **Utilizar como tablero:** se crea un tablero privado a partir de la plantilla, guardando un nuevo elemento con un identificador distinto. Además redirecciona al editor del tablero.
- **Ver:** lleva a una vista en la que únicamente se muestra la plantilla.

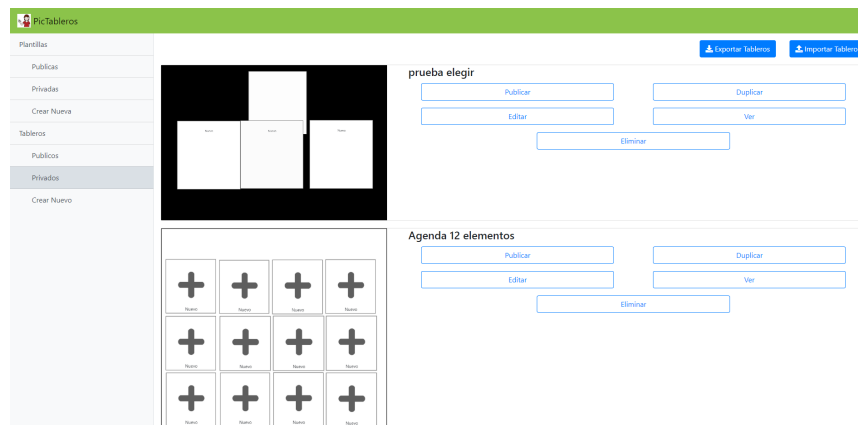


Figura 5.11: Vista del listado de los tableros privados.

En la Figura 5.11 se puede ver el listado de tableros privados, las opciones por cada tablero privado son las siguientes:

- **Publicar:** permite publicar el tablero.
- **Duplicar:** se duplica el tablero, generando uno igual pero añadiendo “-copia” al final del título.
- **Editar:** lleva a la vista del editor de tableros, cargando el tablero seleccionado.
- **Ver:** lleva a una vista en la que únicamente se muestra el tablero.
- **Eliminar:** elimina el tablero seleccionado.

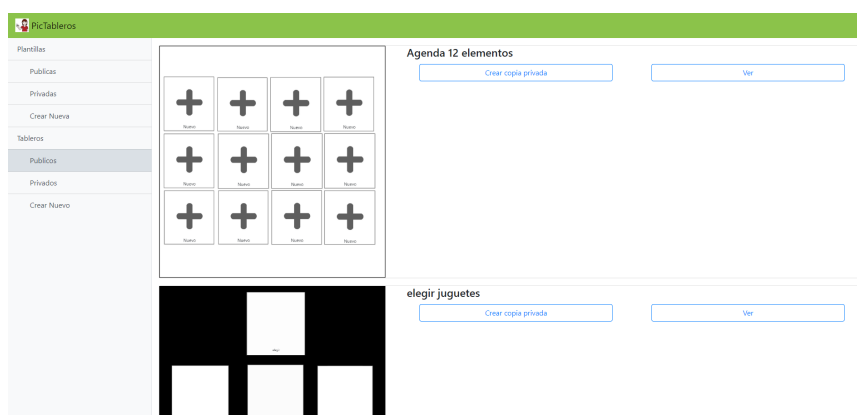


Figura 5.12: Vista del listado de los tableros públicos.

En la Figura 5.12 se puede ver el listado de tableros públicos. Las opciones por cada tablero público son las siguientes:

- **Crear copia privada:** crea una copia privada del tablero en LocalStorage para que el usuario pueda trabajar con él.
- **Ver:** lleva a una vista en la que únicamente se muestra el tablero.

La opción de “Ver” lleva a la misma vista en cualquiera de los casos, en la Figura 5.13 se muestra un ejemplo de la vista de un tablero. Esta vista cuenta únicamente con el tablero para así evitar distracciones.

Cuando se publica cualquier tipo de elemento se hace mediante el método `set` de Firebase, que permite guardar un objeto, identificándolo con una clave. El uso de Firebase y de LocalStorage permite que los objetos tengan la misma estructura ya sean públicos o privados. La estructura de los objetos es la siguiente:

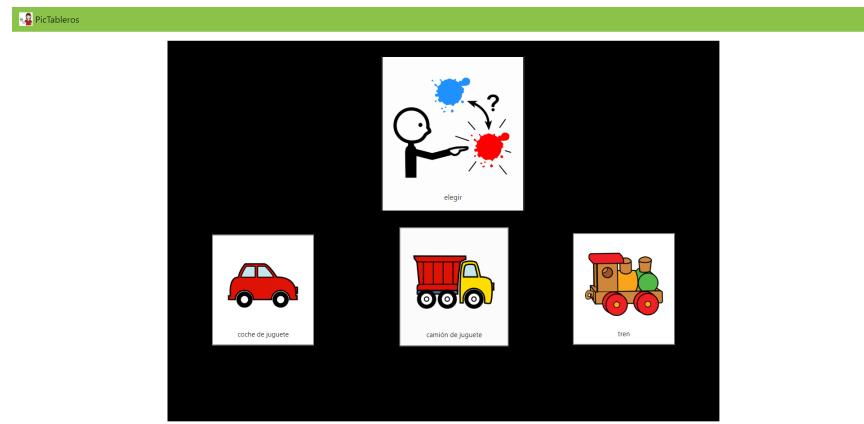


Figura 5.13: Ejemplo de la vista en la que solo se muestra el tablero, en este caso un tablero creado para elegir juguetes.

- **contenido**: contiene el elemento del DOM correspondiente a la plantilla o tablero.
- **id**: identificador de cada elemento, generado aleatoriamente para cada elemento.
- **miniatura**: contiene una imagen codificada en *base64*, para poder mostrar las miniaturas.
- **tamano**: se guarda el ancho y el alto del elemento original, para después poder ajustarlo si cambia el tamaño de la pantalla.
- **tipo**: determina el tipo del elemento (plantilla o tablero).
- **título**: contiene el título asociado al elemento.

En la Figura 5.14 se puede ver un ejemplo de un objeto de Firebase de una plantilla pública.

La opción de publicar común a las plantillas y a los tableros privados guarda el elemento en una base de datos realtime de Firebase que permite que las listas de plantillas y tableros públicos se actualicen cada vez que se publica un tablero o plantilla. Esto es posible por el método `on` que permite quedarse observando a la espera de cambios en la base de datos.

5.3.2. Editor de plantillas

Al editor de plantillas se puede llegar de dos formas: creando una nueva plantilla o editando una plantilla ya existente. La Figura 5.15 se corresponde

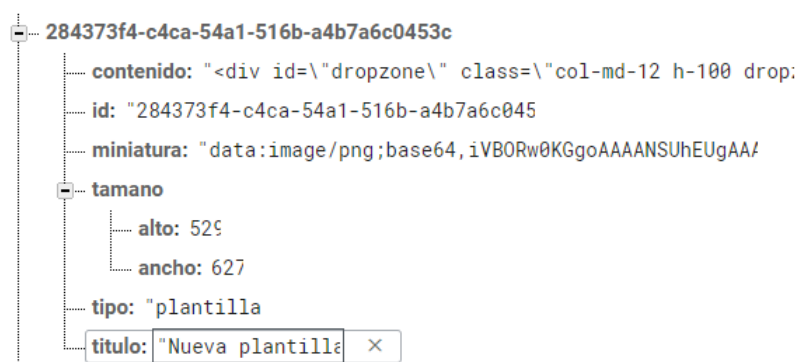


Figura 5.14: Ejemplo de un objeto tipo plantilla.

con la vista del editor para una nueva plantilla. Cuando se llega editando una plantilla ya existente, se realizan ajustes en el tamaño de los elementos para asegurar que las plantillas se pueden abrir en cualquier dispositivo. Para esto se ha desarrollado una función que calcula el tamaño que deben tener los elementos en caso de que el tamaño de la pantalla cambie, para que se ajusten al nuevo tamaño.

El editor de plantillas está dividido en dos zonas principales: el área a la que arrastrar los elementos y el menú lateral derecho donde se mostrarán las distintas opciones de edición. En la barra superior se muestra un input de texto que permite editar el título de la plantilla sobre la que estamos trabajando.

En la parte derecha del editor se encuentra el menú con los elementos con los que se puede interactuar. Este menú tiene un buscador que hace uso de la API de ARASAAC, explicada en capítulo 4.3. Inicialmente los resultados de la búsqueda se iban a mostrar en un cajón con *scroll*, pero la librería que permite arrastrar los elementos no era compatible con esa opción, así que se decidió mostrar los resultados de la búsqueda en una lista completa, tal y como se puede ver en la Figura 5.16. Para mostrar u ocultar los resultados se puede utilizar el botón con un aspa que se encuentra al final de la barra de búsqueda. El resto del menú está compuesto por opciones para crear un área, un pictograma en blanco, un cuadro de texto y diferentes figuras geométricas.

Para que el usuario pudiera generar los materiales libremente y sin restricciones, se ha implementado un sistema que permite arrastrar los elementos del menú de la derecha al área principal. Para implementar esto se ha utilizado la librería *interact.js* que mediante eventos permite al usuario mover y cambiar el tamaño de los elementos. Cuando se arrastra un elemento al área principal se crea una copia del mismo en las coordenadas en las que se ha soltado, haciendo que el original vuelva a su posición para que esté

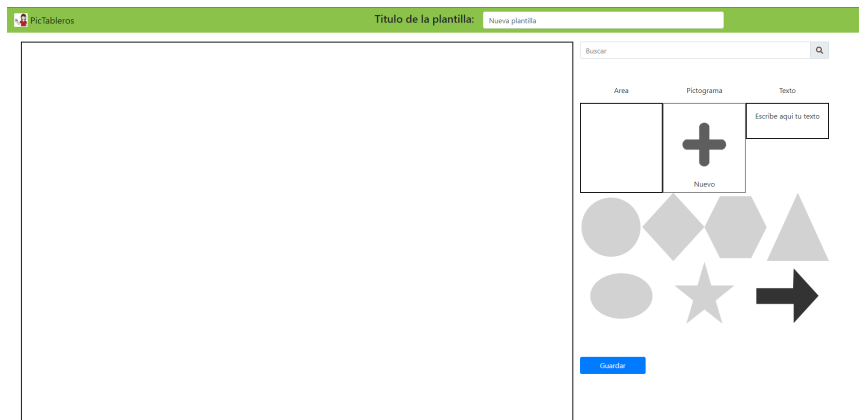


Figura 5.15: Vista del editor de plantillas.

disponible siempre que se necesite.

La librería `interact.js` funciona mediante eventos y cada elemento necesita tener asociados una serie de eventos frente a los que reaccionar. El área de destino reacciona al evento *ondrop* que ejecuta las funciones cuando se suelta un elemento en el área. El resto de elementos (los que forman parte del menú de la derecha) inicialmente reaccionan al evento de arrastre y una vez que están en el área de destino reaccionan también ante el evento de cambio de tamaño.

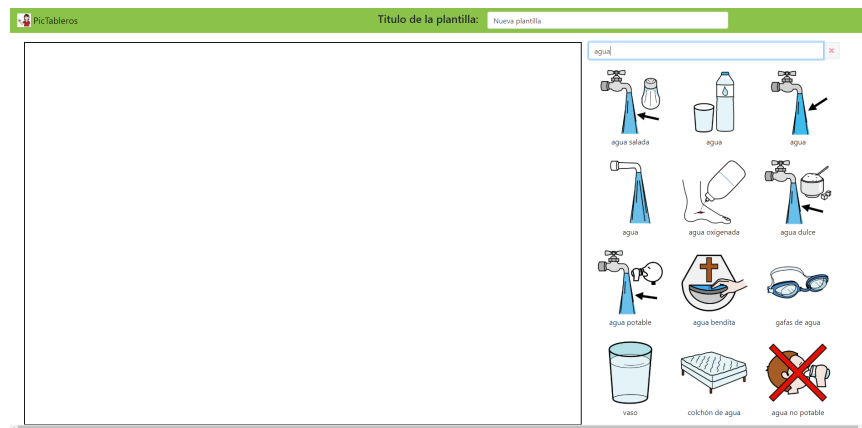


Figura 5.16: Vista del editor de plantillas con los resultados de la búsqueda de “agua” desplegados.

Una vez creada la plantilla, cuando se pulsa sobre el botón “Guardar”, se guarda un objeto en `LocalStorage` con el mismo formato que el objeto de `Firebase` usado para los listados de plantillas y tableros explicado en la Sección 5.3.1. De esta manera al publicar un elemento no es necesario

realizar una transformación del objeto para mantener la coherencia. Además, al guardar el objeto en LocalStorage se asocia a cada usuario y dispositivo sin necesidad de registrarlos.

Cuando se pulsa sobre algún elemento del área principal de la plantilla, en el menú de la derecha se muestran las opciones de personalización relativas al elemento pulsado. Esto es posible gracias a los eventos de la misma librería que permite arrastrar los elementos, ya que también gestiona eventos táctiles y de ratón de manera unificada. Cuando se pulsa un elemento para personalizarlo se pone una sombra en el elemento para dejar claro que elemento se está modificando. A continuación, se explican las distintas opciones de personalización de cada elemento:

- Pictograma y pictograma en blanco: se puede cambiar el color de borde y el color del fondo, el texto asociado al pictograma y si se quiere o no mostrar el texto asociado. Además, se pueden tachar o poner un tick. En la Figura 5.17 se pueden ver todas estas opciones.



Figura 5.17: Vista del editor de plantillas con el menú de ajustes de pictogramas.

- Área: se puede cambiar el color del borde y el del fondo, se puede añadir un texto en la parte superior del área y tachar o poner un tick. En la Figura 5.18 se muestran las opciones de edición del área.
- Cuadro de texto: tiene las mismas opciones que el área pero además se puede modificar el color del texto y decidir si en los tableros se podrá editar este texto o no. En la Figura 5.19 se muestran estas opciones.
- Figuras geometricas: solo se puede cambiar el color de fondo y el texto asociado a las mismas tal y como se puede ver en la Figura 5.20.



Figura 5.18: Vista del editor de plantillas con el menú de ajustes de áreas.



Figura 5.19: Vista del editor de plantillas con el menú de ajustes de los cuadros de texto.

5.3.3. Editor de tableros

Al editor de tableros se puede llegar editando un tablero ya existente o utilizando una plantilla para crear un tablero.

Tal y como se muestra en la Figura 5.21 el editor de tableros tiene a la izquierda el área principal donde se va creando el tablero y a la derecha solo cuenta con el buscador de pictogramas, que se pueden arrastrar a cualquier posición del tablero. En la barra superior se encuentra el input de texto para cambiar el título, indicando en este caso que se trata de un tablero, para que el usuario lo tenga siempre presente.

Los elementos que están en el tablero tienen unas opciones de personali-

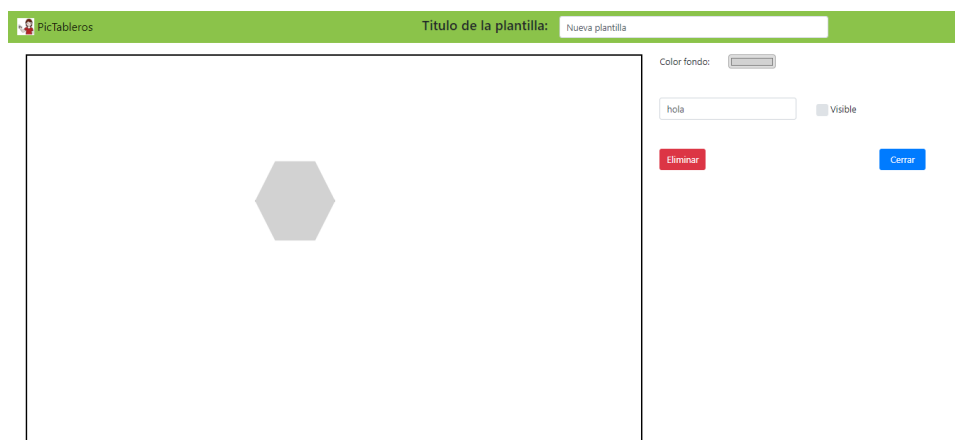


Figura 5.20: Vista del editor de plantillas con el menú de ajustes de figuras.

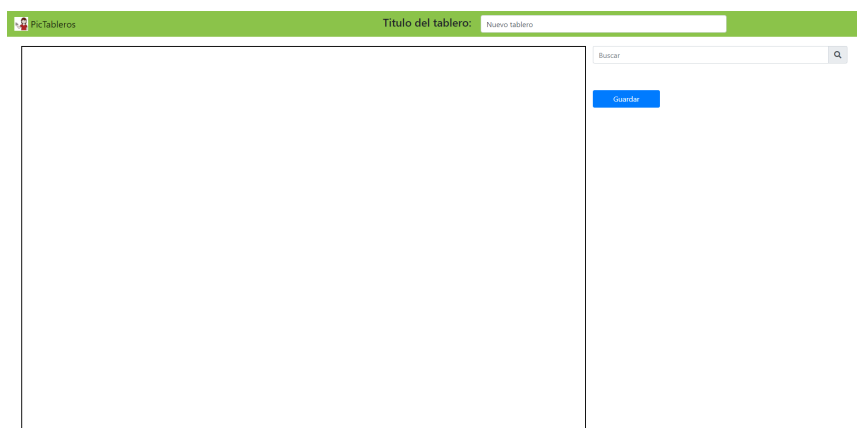


Figura 5.21: Vista del editor de tableros.

zación distintas a las plantillas:

- Pictogramas: se permite tacharle, ponerle un tick, un punto amarillo o una transparencia azul, tal y como se puede ver en la Figura 5.22.
- Las opciones de personalización del área son las mismas que en las plantillas.
- Los cuadros de texto solo se podrán editar si al generar la plantilla se han marcado como editables. En la Figura 5.23 se puede ver el input que permite cambiar el texto.
- En las figuras geométricas solo se puede cambiar el color, tal y como se puede ver en la Figura 5.25.

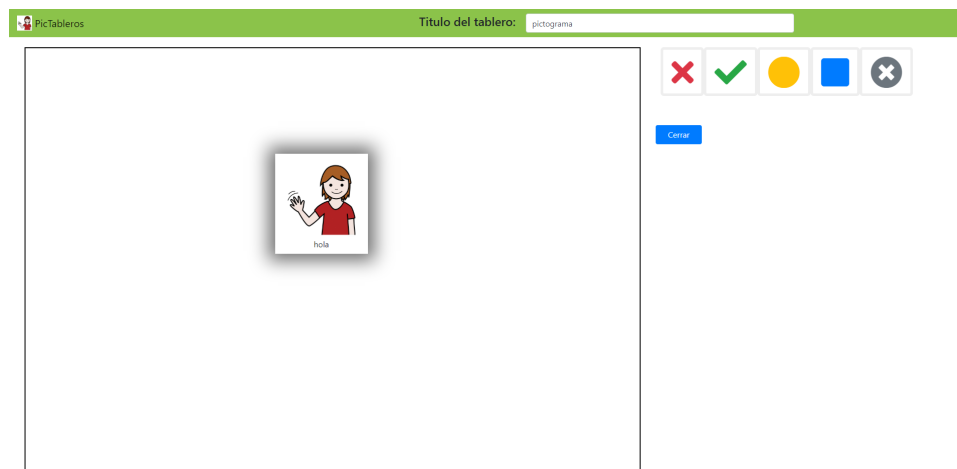


Figura 5.22: Vista del editor de tableros con el menú de ajustes de pictogramas.

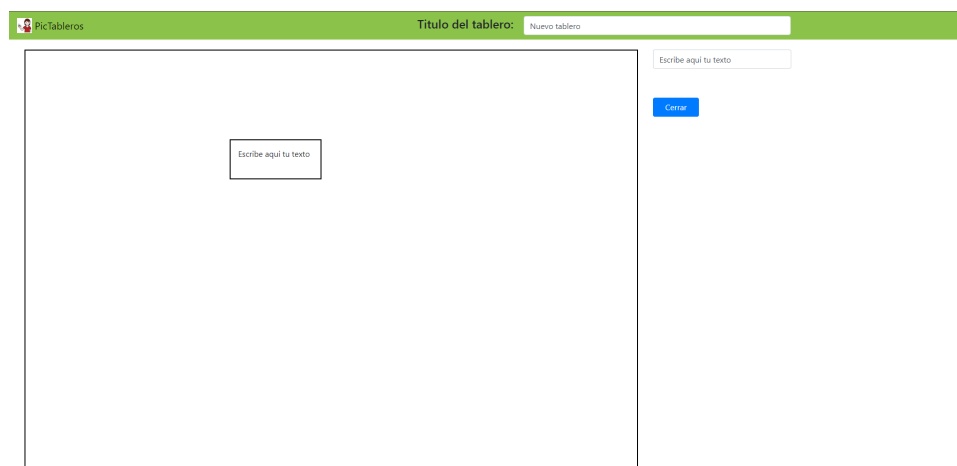


Figura 5.23: Vista del editor de tableros con el menú de ajustes de cuadros de texto.

5.4. Evaluación

Gracias a la Asociación de Autismo Sevilla y al Colegio Angel Riviere se han podido realizar una evaluación de la aplicación con los usuarios finales. La aplicación está destinada padres, tutores y profesores, y por tanto serán profesionales del colegio los encargados de hacer la evaluación.

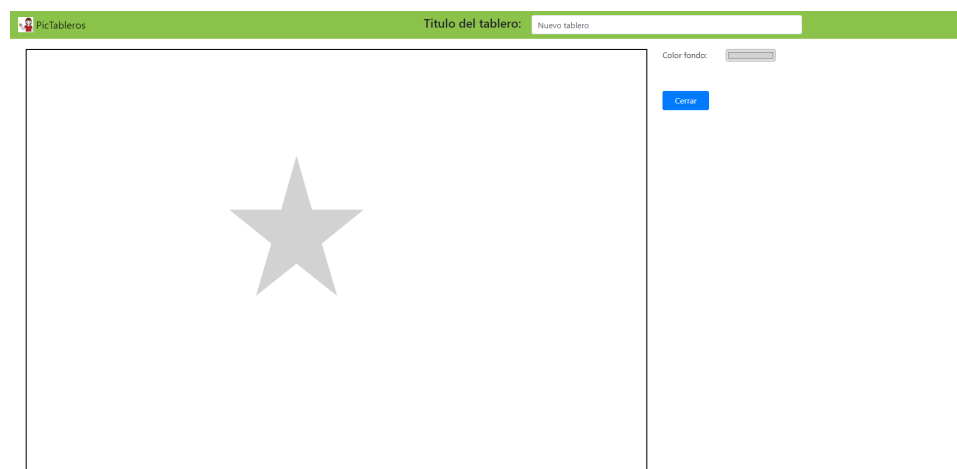


Figura 5.24: Vista del editor de tableros con el menú de ajustes de las figuras geométricas.

5.4.1. Diseño de la evaluación

El objetivo de esta evaluación es determinar la usabilidad y la utilidad de la aplicación para los usuarios finales.

Lo primero que se hace es recoger del usuario su nombre y apellidos y el cargo que ocupa en el colegio (esto sirve para saber como de familiarizados están con este tipo de herramientas), y también los detalles sobre el dispositivo en el que se realizará la prueba (ordenador, tablet o móvil) para poder estudiar los resultados según el tipo de dispositivo. Después de rellenar estos datos, comienza la evaluación de la aplicación que consta de cuatro fases:

- **Fase uno:** se pedía a los evaluadores crear la plantillas que se muestran en la Figura 5.2. Después de crear cada plantilla debían rellenar el tiempo que les había llevado crearla, el nivel de parecido entre la plantilla creada y la plantilla objetivo (asignando un valor entre uno y cinco, siendo uno nada parecido y cinco muy parecido), nivel de dificultad (asignando un valor entre uno y cinco, siendo uno muy fácil y cinco muy difícil), nivel de satisfacción con el resultado obtenido (asignando un valor entre uno y cinco, siendo uno nada satisfecho y cinco muy satisfecho) y observaciones.
- **Fase dos:** tenían que utilizar cada una de las plantillas realizadas anteriormente para crear un tablero. En esta fase se recogía información sobre el tiempo invertido en crear el tablero, el nivel de dificultad y el nivel de satisfacción con el resultado. Al igual que en la fase anterior

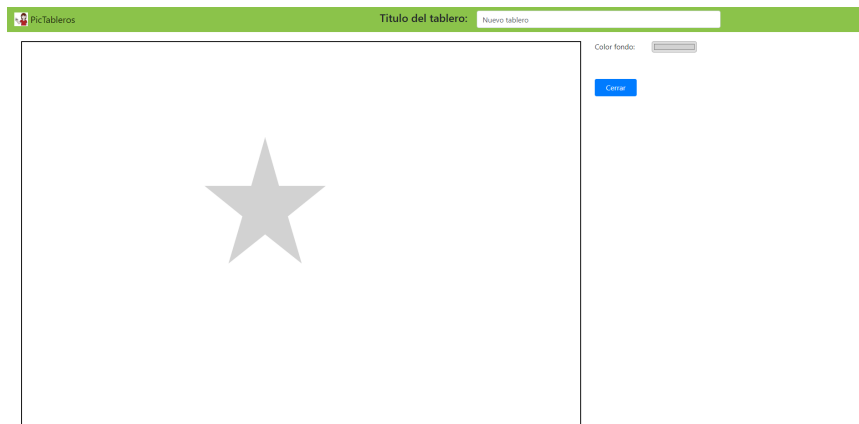


Figura 5.25: Vista del editor de tableros con el menú de ajustes de las figuras geométricas.

también se les daba un campo de texto libre para expresar cualquier observación que pudiera resultar útil.

- **Fase tres:** los usuarios debían explorar libremente las funcionalidades de la aplicación.
- **Fase cuatro:** se pedía a los usuarios rellenar un cuestionario para conocer su opinión sobre la utilidad y la usabilidad de la aplicación. El cuestionario se divide en dos partes: la primera consta de una serie de afirmaciones que deben responder usando una escala *Likert* de cinco puntos mostrando su nivel de acuerdo con la afirmación, siendo uno “Totalmente en desacuerdo” y cinco “Totalmente de acuerdo”:
 - La aplicación es fácil de utilizar.
 - Me gustaría utilizar la aplicación en mi día a día.
 - Recomendaría esta aplicación a otras personas.
 - Me parece útil poder exportar e importar mis tableros y plantillas.
 - Me parece útil poder hacer públicos mis tableros.
 - Me parece útil poder hacer públicas mis plantillas.
 - La navegación por las distintas vistas me parece intuitiva.
 - Se entiende fácilmente la finalidad de cada uno de los elementos que se pueden utilizar para crear plantillas y tableros.
 - Se entienden las opciones de personalización de los elementos.
 - El texto de los botones es descriptivo y me ayuda a comprender lo que hacen.

Plantilla	Nº de evaluadores	Tiempo(min)	Nivel de parecido	Nivel de dificultad	Nivel de satisfacción
Calendario semanal	2	10	5	2.5	4.5
Agenda	2	5	5	2	4.5
Elegir	2	4	5	2	5
Normas 1	3	9.5	5	2	4.6
Normas 2	1		5	2	5
Esperar	1		5	2	5
Sistema de puntos	2	4	4	3	3
Dar información	1		5	2	5
Recados	2	3	5	2	4.5
Importante	3	3.5	5	1.6	4.3
Nuevo	1	2	5	2	4
Consecuencia-flecha	1	3	5	2	5

Tabla 5.2: Resultados de la primera fase de la evaluación.

También se añaden tres cuestiones más generales y de respuesta libre:

- Indica qué funcionalidades no has utilizado.
- Indica qué funcionalidades crees que sobran.
- Indica qué funcionalidades crees que habría que añadir.

A parte de estas cuestiones, hay un apartado de observaciones generales por si hay algo relevante que comentar y no se haya preguntado anteriormente.

5.4.2. Resultados de la evaluación

En la evaluación participaron tres personas, todas ellas trabajadoras en la Asociación Autismo Sevilla o en el Colegio Ángel Riviere. Por tanto, son personas que están familiarizadas con el uso de tableros de comunicación y con este tipo de herramientas. El resultado de las evaluaciones se encuentra en el repositorio de GitHub⁶.

En la Tabla 5.2 se muestran las medias de los resultados obtenidos en la primera fase de la evaluación, la correspondiente a diseñar las plantillas propuestas.

Las observaciones sobre el proceso de realización de las plantillas por parte de los evaluadores han sido las siguientes:

- En la plantilla Calendario semanal: “Los nombres no caben en los iconos de los días de la semana.”
- En la plantilla Agenda: “Cuando insertas un pictograma y lo quieres borrar, se borra el recuadro entero.”

⁶<https://github.com/NILGroup/TFG1819-Tableros/tree/master/Aplicacion>

- En la plantilla Normas 1: “Me ha costado un poco al principio, hasta que le he cogido el truco.” En este caso la evaluadora empezó por esta plantilla.
- En la plantilla Sistema de puntos: “No coinciden los círculos.”
- En la plantilla Importante: “¿Se puede cambiar el tamaño de la letra?”

Después de realizar las plantillas se pedía a los evaluadores que trataran de crear tableros con estas plantillas para así probar todas las funcionalidades. Esta fase de la evaluación solo ha sido realizada por una persona y los resultados se pueden ver en la Tabla 5.3. Las celdas en blanco se corresponden a valores no indicados por el evaluador. Además en este caso la evaluadora no registro el tiempo empleado. En esta fase no se realizó ninguna observación.

Plantilla	Nivel de dificultad	Nivel de satisfacción
Calendario semanal	2	5
Agenda	2	5
Elegir	2	5
Normas 1	2	5
Normas 2	2	5
Esperar	2	5
Sistema de puntos	4	3
Dar información	2	5
Recados	2	5
Importante	2	5
Nuevo		
Consecuencia-flecha		

Tabla 5.3: Resultados de la segunda fase de la evaluación.

La tercera fase de la evaluación consistía en una prueba libre de la aplicación. Tras esta prueba libre se pedía a los usuarios rellenar un cuestionario, dividido en dos partes. En la primera parte tenían que responder valorando de uno a cinco, esta parte ha sido respondida por todos los evaluadores, y en la Tabla 5.4 se muestran las medias obtenidas.

La segunda parte de este cuestionario era de respuesta libre para que realizaran observaciones en base a las funcionalidades de la aplicación:

- La primera cuestión era: “Indica qué funcionalidades no has utilizado.”. En este caso no se ha recibido ningún tipo de observación.
- La segunda cuestión era: “Indica qué funcionalidades crees que sobran”, a lo que nos hicieron la siguiente observación:

La aplicación es fácil de utilizar	4.6
Me gustaría utilizar la aplicación en mi día a día	4.6
Recomendaría esta aplicación a otras personas	5
Me parece útil poder exportar e importar mis tableros y plantillas	5
Me parece útil poder hacer públicos mis tableros	4.6
Me parece útil poder hacer públicas mis plantillas	4.6
La navegación por las distintas vistas me parece intuitiva	4.6
Se entiende fácilmente la finalidad de cada uno de los elementos que se pueden utilizar para crear plantillas y tableros	5
Se entienden las opciones de personalización de los elementos	4.6
El texto de los botones es descriptivo y me ayuda a comprender lo que hacen	5

Tabla 5.4: Resultados del cuestionario de la cuarta fase de la evaluación.

- “No me parece que sobren, dependiendo del momento serán más útiles unas u otras”
- La tercera cuestión era: “Indica qué funcionalidades crees que habría que añadir”. En este caso las observaciones realizadas han sido las siguientes:
 - “Posibilidad de imprimir plantillas y tableros.”
 - “Eliminar contenidos sin que desaparezca el cuadro.”
 - “Me parece imprescindible que se puedan imprimir para poder utilizarlas en el día a día, ya que no siempre disponemos de dispositivos para utilizarla.”

Finalmente disponían de un campo de observaciones por si había algo que no estaba reflejado durante la evaluación:

- “Los tableros se desconfiguran al editarlos.”
- “La plantilla de la economía de fichas no permite colorear la ficha (círculo amarillo).”
- “Recomendaría su uso a las familias.”

5.4.3. Análisis de la evaluación

Como se puede ver en la sección anterior algunos campos de la evaluación no están completos, pero la información obtenida es suficiente para tener una idea acerca de la utilidad de la aplicación y el uso que se podría dar a la misma en un futuro. Después analizar los resultados se han obtenido las siguientes conclusiones:

- Cuesta un poco empezar a utilizar la aplicación, pero una vez que los usuarios están familiarizados con su uso la creación de material

es bastante rápida. Esto se ve reflejado principalmente en el tiempo invertido para la creación de las plantillas. En las primeras plantillas el tiempo invertido es mayor que en las últimas, y cuantas más plantillas se van generando menos tiempo invierten los usuarios en la creación de las mismas.

- La aplicación permite generar plantillas muy similares a las que actualmente generan de manera manual, permitiendo digitalizar estos formatos para utilizarlos tantas veces como sea necesario.
- Generar plantillas y tableros, con las que los usuarios estén satisfechos, no tiene mucha dificultad para usuarios que están familiarizados con estas herramientas.
- Los usuarios encuentran dificultades a la hora de generar la plantilla “Sistema de puntos” y no quedan satisfechos con el resultado. Es probable que esta plantilla durante la fase de captura de requisitos no se entendiese bien, lo que ha generado que no se implementen correctamente las funcionalidades que permiten generar esta plantilla. En un futuro se puede tener una reunión que permita aclarar este punto.
- Cuando los usuarios generan la plantilla del Calendario semanal, los días de la semana no entran dentro de las figuras geométricas que utilizan para representar los días. Esto es debido a que no se ha tenido en cuenta el tamaño de los elementos a la hora de mostrar el texto.

De la última fase de la evaluación se llega a la conclusión de que los usuarios están satisfechos con la herramienta y que las funcionalidades implementadas son de utilidad para ellos. Pero echan en falta la posibilidad de imprimir el material. Inicialmente no se desarrolló esta funcionalidad porque el navegador cuenta con la posibilidad de imprimir una página y esto permitiría imprimir fácilmente el material. Sin embargo, no todos los usuarios conocen esta opción y en un futuro se podría implementar la funcionalidad que permita imprimir fácilmente el material generado.

Capítulo 6

Conclusiones y trabajo futuro

RESUMEN: En este capítulo en la Sección 6.1 se muestran las conclusiones extraídas del trabajo presentado en esta memoria y en la Sección 6.2 el trabajo futuro.

6.1. Conclusiones

El objetivo principal de este proyecto era desarrollar una aplicación web que permitiese a los usuarios crear de forma digital los tableros que utilizan en su día a día. Para ello había que dar la posibilidad de crear plantillas que sirvieran de base para crear tableros. Para que la aplicación creada se adaptase lo máximo posible a las necesidades de los usuarios se utilizó una librería que permitía arrastrar y soltar los elementos a cualquier posición y cambiar el tamaño de los mismos, permitiendo así la creación de cualquier tipo de material a partir de un lienzo en blanco. La aplicación se creó siguiendo un diseño centrado en el usuario. El diseño de la aplicación fue creado contando con los usuarios finales quienes también participaron en la evaluación de la aplicación. Esta evaluación ha permitido comprobar la utilidad de la aplicación, así como permitir identificar los aspectos que mejorar.

El segundo objetivo de este TFG era aplicar algunos de los conocimientos adquiridos durante el grado, especialmente útiles han resultado las siguientes asignaturas:

- **Aplicaciones Web:** donde adquirí los conocimientos básicos de HTML, CSS y JavaScript, necesarios para crear la aplicación.

- **Diseño de Sistemas Interactivos:** donde aprendí a diseñar aplicaciones centradas en el usuario, realizando pruebas con prototipos interactivos, evaluaciones sobre la aplicación final, etc.

Por ultimo, el tercer objetivo era aprender cosas nuevas y este proyecto me ha permitido profundizar en el uso de JavaScript explorando al máximo sus funcionalidades y trabajando con distintas librerías como *interact.js* y *html2canvas*. También me ha permitido aprender a trabajar con nuevas tecnologías como Firebase y LocalStorage.

6.2. Trabajo futuro

Una vez terminado el proyecto, existen diversas mejoras que se pueden añadir en el futuro y así dotar a la aplicación de mayor funcionalidad:

- Implementar un buscador por el título de la plantilla o tablero en los listados. Así cuando los usuarios tengan mucho material pueden buscar por nombre fácilmente.
- Definir categorías para filtrar el contenido de las listas de plantillas y tableros. Esto sería muy útil en el caso de que el contenido público sea demasiado grande y se quiera buscar un tipo de contenido concreto, por ejemplo: normas, agendas, calendarios, etc.
- Vincular unas plantillas con otras. Por ejemplo en la plantilla del Sistema de puntos los usuarios podrían vincular un tablero a cada punto y en el tablero asociado mostrar la actividad que tienen que realizar para conseguir una recompensa.
- Permitir a los usuarios utilizar imágenes propias, en las plantillas y tableros. Así los usuarios puedan personalizar aún más las plantillas y tableros, por ejemplo para los usuarios es mejor poner una foto de su madre, que el pictograma madre.
- Permitir que el usuario pueda interactuar con el tablero marcando el pictograma elegido. Por ejemplo, si se muestra el tablero de elegir juguetes, que el juguete elegido por el usuario se marque en el tablero.
- Mejorar el buscador de tal manera que al buscar por ejemplo la palabra “hola”, los resultados de la búsqueda sean todos aquellos que empiezan por la palabra buscada, en este caso “hola” y “holanda” y no solo los pictogramas con la coincidencia exacta.

-
- Añadir un botón en la lista de contenidos, que permita a los usuarios imprimir fácilmente sus plantillas y tableros.
 - Ajustar el texto dentro de los elementos, así cuando un elemento es pequeño el texto se debería ajustar a su tamaño.

Capítulo 7

Conclusions and Future work

RESUMEN: In this chapter in Section 7.1 the conclusions drawn from the work presented in this report and in Section 7.2 future work are shown.

7.1. Conclusions

The main goal of this project was to develop a web application that would allow users to digitally create the boards they use in their day to day. To do this, it was necessary to create the possibility of creating templates that would serve as the basis for creating boards. In order that the application created was adapted as much as possible to the needs of the users, a library was used that allowed to drag and drop the elements to any position and change the size of the same, thus allowing the creation of any type of material from a blank canvas. The application was created following a user-centered design. The design of the application was created with the end users who also participated in the evaluation of the application. This evaluation has made it possible to verify the usefulness of the application, as well as to identify the aspects that need improvement.

The second objective of this TFG was to apply some of the knowledge acquired during the degree, especially useful have been the following subjects:

- **Web Applications:** where I acquired the basic knowledge of HTML, CSS and JavaScript, necessary to create the application.

- **Interactive Systems Design:** where I learned to design user-centered applications, testing with interactive prototypes, evaluations on the final application, etc.

Finally, the third objective was to learn new things and this project has allowed me to deepen the use of JavaScript by fully exploring its functionalities and working with different libraries such as *interact.js* and *html2canvas*. It has also allowed me to learn to work with new technologies such as Firebase and LocalStorage.

7.2. Future Work

Once the project is finished, there are several improvements that can be added in the future and thus provide the application with greater functionality:

- Implement a search engine by the title of the template or board in the listings. So when users have a lot of material they can search by name easily.
- Define categories to filter the content of template and panel lists. This would be very useful if the public content is too large and you want to find a specific type of content, for example: rules, agendas, calendars, etc.
- Link some templates with others. For example, in the Point System template, users could link a board to each point and in the associated board show the activity they have to perform to get a reward.
- Allow users to use their own images, in the templates and boards. So users can further customize templates and boards, for example for users it is better to put a picture of their mother, than the mother pictogram.
- Allow the user to interact with the board by marking the chosen pictogram. For example, if the board of choosing toys is shown, the toy chosen by the user is marked on the board.
- Improve the search engine in such a way that when searching for the word “hello”, for example, the search results are all those that start with the searched word, in this case “hello” and “holland” and not just the pictograms with the exact match.

-
- Add a button in the list of contents, which allows users to easily print their templates and boards.
 - Adjust the text within the elements, so when an element is small the text should be adjusted to its size.

Bibliografía

- BERTOLA, E. Análisis empírico de las características formales de los símbolos pictográficos ARASAAC. Disponible en <http://hdl.handle.net/10803/454891>.
- FERNÁNDEZ, M. C., ANGIONO, V. A. y MERCADO, L. B. *Comunicación aumentativa y trastornos de la comunicación y el lenguaje*. Editorial Brujas, 2017.
- GARCÍA, R. Pictogramas y sistemas gráficos de comunicación e información. Disponible en http://oa.upm.es/37991/1/INVE_MEM_2014_206047.pdf.
- GIL, E. M. *INTERacción comunicativa en mensajería instantánea bajo sistemas SAACs : «INTERSAACs»*. Trabajo de Fin de Máster, Universidad Complutense de Madrid, 2015.
- MARTÍN, A. *PICTAR: una herramienta de elaboración de contenido para personas con TEA basada en la traducción de texto a pictogramas*. Trabajo de Fin de Máster, Universidad Complutense de Madrid, 2018.
- SANZ, M. L. P. y MARTÉN, A. M. T. Agendas visuales «no hace falta la agenda él me entiende». *El Guiniguada*, vol. 11, Disponible en https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/5459/1/0235347_02002_0013.pdf.
- VENTOSO, M. R. Pictogramas: Una alternativa para comprender el mundo. Disponible en <http://aetapi.org/download/pictogramas-una-alternativa-para-comprender-el-mundo/?wpdmdl=1386>.

